

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzikální a makromolekulární chemie

ANALÝZA JAKOSTI VOD V POVODÍ BÍLÉ NISY

WATER QUALITY ANALYSIS IN THE CATCHMENT AREA OF BÍLÁ NISA

Bakalářská práce
2008

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Bohumír Janský, CSc.
Konzultant: Doc. RNDr. Eva Tesařová, CSc.

Vypracovala: Zuzana Vanerová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Praze, 3.9.2008

Zuzana Vanerová

Děkuji všem, kteří se podíleli na této práci: Doc. RNDr. Bohumíru Janskému, CSc., Doc. RNDr. Evě Tesařové, Ing. Libuši Benešové, paní sekretářce Heleně Příbylové, svému Otci, Mamince, Hynkovi a kamarádům.

Děkuji za pomoc, trpělivost i lásku.

Seznam symbolů, veličin a zkratek

A	absorbance
A_{λ}	absorbance roztoku při vlnové délce λ
BSK	biochemická spotřeba kyslíku
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní
c	molární koncentrace analytu
ČGS	Česká geologická služba
d	optická dráha paprsku, tloušťka kyvety
EU	Evropská Unie
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku manganovou metodou
KNK	kyselinová neutralizační kapacita
KNK _{8,3}	zjevná alkalita do pH 8,3
N _{celk.}	celkový dusík
NK	neutralizační kapacita
N-NO ₃	dusičnanový dusík
N-NO ₂	dusitanový dusík
N-NH ₄	amoniakální dusík
NPK	nejvyšší přípustná koncentrace
MS	Malý Semerink
P _{celk.}	celkový fosfor
PLA, s.p.	Povodí Labe, státní podnik
P-PO ₄	fosforečnanový fosfor
Q	průtok
S	siemens
SČVaK	Severočeské vodovody a kanalizace
TOC	celkový organický uhlík
ÚÚG	Ústřední ústav geologický
UV	ultrafialová oblast záření
ÚV	úpravna vody
ÚŽP	Ústav pro životní prostředí
VIS	viditelná oblast záření
VN	vodní nádrž
VS	Velký Semerink
ZNK	zásadová neutralizační kapacita
ZNK _{4,5}	zjevná acidita do pH 4,5
ε_{λ}	molární absorpční koeficient barevného produktu
λ	vlnová délka
χ	konduktivita (měrná vodivost)

Obsah

1	ÚVOD	3
2	TEORETICKÁ ČÁST	4
2.1	PŘÍRODNÍ POMĚRY POVODÍ BÍLÉ NISY.....	4
2.1.1	Geografické vymezení povodí.....	4
2.1.2	Geologická stavba	5
2.1.3	Geomorfologické poměry	5
2.1.4	Pedologické poměry	6
2.1.5	Chráněná území.....	6
2.1.6	Klimatické poměry.....	6
2.1.7	Hydrografická charakteristika povodí	7
2.2	SOCIOEKONOMICKÝ PŘEHLED	7
2.3	ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ V POVODÍ	8
2.3.1	Bodové zdroje znečištění	8
2.3.2	Difúzní a plošné zdroje znečištění	8
2.4	JAKOST POVRCHOVÝCH VOD	9
2.4.1	Dosavadní poznatky o jakosti vody	9
2.4.2	Terénní šetření.....	10
2.4.3	Vlastní analýza jakosti vody.....	11
2.4.3.1	Metodika práce	11
2.4.3.2	Charakteristika jednotlivých odběrových profilů.....	12
2.4.3.3	Charakteristika sledovaných ukazatelů jakosti vod	15
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	18
3.1	METODY STANOVENÍ SLEDOVANÝCH UKAZATELŮ JAKOSTI VODY.....	18
3.1.1	Potenciometrické stanovení pH, specifická vodivost	18
3.1.2	Acidobazické titrace	18
3.1.2.1	Neutralizační kapacity – acidita, alkalita	18
3.1.3	Manganometrická titrace	19
3.1.3.1	Chemická spotřeba kyslíku podle Kubela (CHSK_{Mn}).....	19
3.1.4	Jodometrická titrace.....	19
3.1.4.1	Rozpuštěný kyslík, BSK_5	20
3.1.5	Spektrofotometrie	20
3.1.5.1	Amonné ionty	21
3.1.5.2	Dusitany	22
3.1.5.3	Dusičnany	23
3.1.5.4	Fosforečnany	23
3.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE	24
3.3	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	24
3.4	VYHODNOCENÍ DAT ZÍSKANÝCH VLASTNÍMI ODBĚRY	25
3.4.1	Hodnocení dle ČSN 75 7221	25
3.4.2	Hodnocení jakosti vody dle parametrů	26
3.4.3	Hodnocení dle látkové bilance	28
4	DISKUZE.....	30
5	ZÁVĚR.....	32
6	VÝBĚR LITERATURY.....	34
7	SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ.....	35
8	PŘÍLOHY	

1 Úvod

U zrodu této práce stála myšlenka zjistit vliv chatové kolonie v obci Bedřichov na kvalitu vody horního toku Bílé Nisy. Rozsah práce se po konzultaci se školitelem doc. RNDr. Bohumírem Janským, CSc. z katedry fyzické geografie a geoekologie na PřF UK v Praze rozšířil na analýzu jakosti vody v celém horním povodí až k profilu, kde je část toku Bílé Nisy odváděna podzemní štolou do vodní nádrže Mšeno.

Při shromažďování dat bylo zjištěno, že v roce 2006 provedl obdobnou analýzu státní podnik Povodí Labe. Analýza byla součástí práce, která měla za úkol zhodnotit vlivy jednotlivých přítoků vodní nádrže Mšeno na eutrofizační procesy, které zhoršují v letních měsících kvalitu vody v nádrži. Výsledkem hodnocení bylo zjištění největšího příspěvku polutantů právě z Bílé Nisy.

Dalšími subjekty, které se zajímají o kvalitu vody v povodí Bílé Nisy jsou obce Bedřichov a Janov nad Nisou. Obě obce se zabývají rozšiřováním kanalizační sítě, přičemž postupně připojují další značně rozptýlené zdroje znečištění. Budování kanalizace ve značně členitém horském reliéfu je ovšem velice nákladnou záležitostí, a i přes možnost čerpání financí z evropských fondů znamená pro obce zadlužení na mnoho let dopředu. Je proto důležité zmapovat místa s největším zatížením.

Jiných závažných problémů spojených s kvalitou vody jsem se na Bílé Nise nedopátrala. Práce je z toho důvodu zaměřena na prozkoumání jakosti vody především z hlediska zatížení komunálními odpadními vodami.

První část práce se zabývá přírodními poměry povodí, které ovlivňují jakost povrchových vod významným způsobem. Druhá část náleží samotné analýze vody po chemické stránce.

Výstupy práce obsahují zhodnocení zdrojů znečištění, které největší měrou přispívají ke znečištění toku Bílé Nisy. Jde v ní především o posouzení vlivu obcí Bedřichov a Janov nad Nisou a oblastí Malého a Velkého Semerinku. V druhé řadě obsahují hodnocení kvality vody v pramenných oblastech a jejich zatížení místními zdroji a chatovou kolonií, jenž dala první impuls k sepsání této práce.

2 Teoretická část

2.1 Přírodní poměry povodí Bílé Nisy

V základní vodohospodářské mapě 1 : 50 000 i na mapách zeměměřičského úřadu je sledovaný tok označen názvem „Rýnovická (Bílá) Nisa“. Na mapě Janova n. N. a Bedřichova 1: 9000 vydané podnikem Geodézie ČS, a.s. roku 2001 zase „Lužická Nisa (Bílá)“. Povodí Labe, s.p. užívá názvu „Bílá Nisa“ a mezi místními je název Bílá Nisa také patrně nejrozšířenější, proto i v této práci bude užíváno tohoto názvu. Na sledovaném úseku povodí se rozkládají dvě obce – Bedřichov a Janov n. N. (obr. 1) a ve spodním úseku zasahuje i do katastru obce Loučná, kde je závěrový profil.

Dříve byla Bílá Nisa využívána sklárnou v Janově nad Nisou, dnes slouží především k zásobení jablonecké přehrady Mšeno vodou. pouze v jednom místě. Asi 1 km od pramene na severním okraji obce Bedřichov byla na vodním toku vybudována malá vodní nádrž Koliba.

Obr. 1: Letecký snímek sledovaného povodí



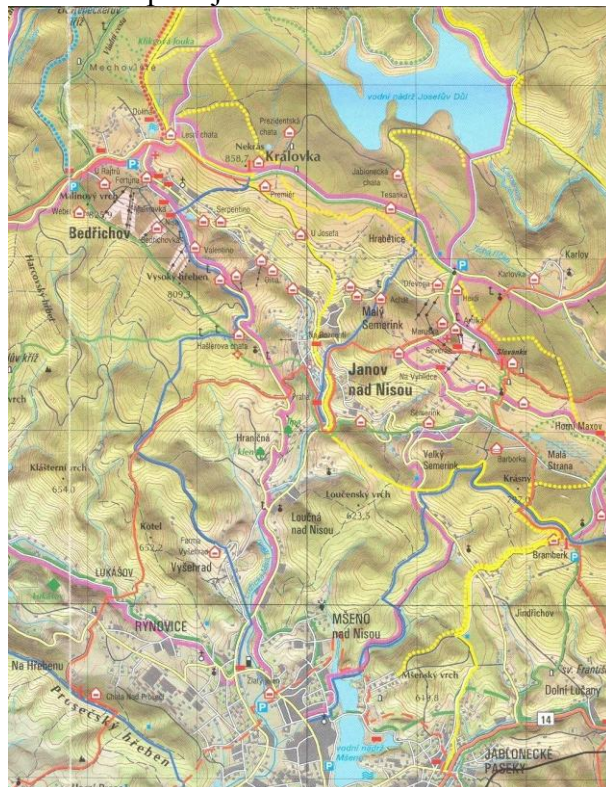
Zdroj: Liberecký kraj: <http://maps.kraj-lbc.cz>

2.1.1 Geografické vymezení povodí

Zájmové území tvoří povodí Bílé Nisy od pramene po závěrový profil Loučná, kde je část toku odkloněna do podzemní štoly zásobující jabloneckou přehradu Mšeno (obr. 2). Celé povodí Bílé Nisy leží v Libereckém kraji, v okrese Jablonec n. N.

Povodí je vymezeno rozvodnicí, jejíž součástí jsou následující vrcholy (v m n.m.): Kotel 654 – Vysoký hřeben 809 – Malinový vrch 827 – Nekras 859 – Severák 804 – Slovanka 820 – Krásný 797 – Loučenský vrch 623.

Obr. 2: Mapa zájmového území



Zdroj: Mapa informačního centra Jablonce n. N. 1:80 000

2.1.2 Geologická stavba

Zájmové území patří z regionálně geologického hlediska do krkonošsko-jizerského krystalinika, konkrétně do krkonošsko-jizerského plutonu. Krkonošsko-jizerský pluton je v daném povodí reprezentován hrubě až středně zrnitým porfyrickým biotitickým granitem s občasnými žilami lamprofyrů, biotitického granitového porfyru a žilami aplitů a pegmatitů. Kvartérní pokryv je vyvinut pouze v údolích vodních toků a představuje zejména deluviální písčito - jílovité až jílovité hlíny a fluvialní jílovito - písčité až písčité štěrky s balvany a bloky granitů.

Z hydrogeologického hlediska se v povrchové zóně rozpukání granitového masivu uplatňuje puklinová propustnost s rychlým oběhem podzemních vod, závislým na stupni rozevření puklin. V písčitých zvětralinových eluviích převažuje průlinová propustnost a umožňuje dobrou infiltraci srážkových vod. Také v kvartérních sedimentech údolí vodních toků převažuje průlinová propustnost (OLMER, KESSL a kol., 1990).

2.1.3 Geomorfologické poměry

Dle geomorfologického členění České republiky (BALATKA, KALVODA, 2007) patří povodí Bílé Nisy do krkonošské oblasti, do celku Jizerské hory. V období prvohor podléhala oblast střední Evropy tektonickým tlakům variského vrásnění, konkrétně jeho hercynské větvi. V druhohorách probíhala postupná peneplenizace reliéfu. V geologické éře třetihor, při alpsko-himálajském vrásnění, dolehly tlaky z Alp až do tohoto území. Právě podél starých zlomů a poruch došlo k vyzdvižení reliéfu a rozlámání na kry. Proto mají dnes vrcholové partie Jizerských hor charakter oblých hřbetů. Ve čtvrtohorách se utvářela říční síť do té podoby, jak ji známe dnes (i když její zárodky pocházejí již z mladšího terciéru). Do Jizerských hor nezasáhl kontinentální ledovec a pro jejich malou výšku se v nich nevytvořil ani ledovec horský. Přesto se kontinentální ledovec na formování reliéfu Jizerských hor

podílel. Nacházel se totiž v jejich bezprostředním předpolí, což dokumentují například žulové tory ve vrcholových partiích a zbytky kryoplanačních teras.

Kerná hornatina Jizerské hory je charakteristická také svým úklonem. Severní svahy jsou příkré a vysoké. Naproti tomu se jižní strana svažuje mírně a je vodními toky rozčleněna v hřbety, které jsou obtékány mělkými, do žuly zařiznutými údolími. Tato údolí se prohlubují až v jizerskohorském podhůří. Výjimku netvoří ani povodí Lužické Nisy, jejímž nejvýznamnějším přítokem je Bílá Nisa. Právě ta je jednou z řek stékajících po mírnějších jižních svazích.

2.1.4 Pedologické poměry

Prameny a horní část toku Bílé Nisy se nalézají na rezivých půdách s podzoly. Jejich hlavním půdotvorným pochodem je intenzivní vnitropůdní zvětrávání, doprovázené výrazným uvolňováním seskvioxidů (Fe, Al). Spodní část toku nad závěrovým profilem se pak nachází na hnědých, silně kyselých půdách, u nichž dochází opět k intenzivnímu vnitropůdnímu zvětrávání. V povodí se navíc vyskytují zrašeliněné půdy s nedostatkem minerálních látek a silnou kyselou půdní reakcí (TOMÁŠEK, 2003).

2.1.5 Chráněná území

Celá oblast povodí spadá do Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Ve sledované oblasti se nachází dvě přírodní rezervace. Klikvová louka - rašeliniště s bohatým výskytem klikvy a rašeliníků a Malá Strana - přechodové rašeliniště s řadou vzácných chráněných živočichů a rostlin.

Druhová i věková skladba lesů v povodí je na většině území odlišná od původních lesů. Na sledovaném území se nacházejí převážně květnaté bučiny a horské smrčiny (TOMÁŠEK, 2003).

2.1.6 Klimatické poměry

Teploty vzduchu

V Atlasu podnebí ČSR (VESECKÝ, 1958) jsou Jizerské hory řazeny do chladné oblasti, podoblasti velmi vlhké, okrsku mírně chladného. Quitt (1971) popisuje chladnou oblast jednotkami CH4, CH6 a CH7.

Tabulka (Tab.1) ukazuje srovnání průměrných teplot, měřených v letech 1901–1950, 1961–2003 a 1990–2003 ve stanicích Bedřichov (780 m n.m.) a Souš (772 m n.m.). Průměrné roční teploty jsou za poslední roky až o 1 °C vyšší než v minulosti.

Tab. 1: Srovnání průměrných měsíčních a ročních teplot a srážek měřených v letech 1901 - 1950, 1961 - 2003 a 1990 - 2003 ve stanicích Bedřichov (780 m n.m.) a Souš (772 m n.m.)

	Teploty						Srážky					
	Bedřichov			Souš			Bedřichov			Souš		
	1901-1950	1961-2003	1991-2003	1901-1950	1961-2003	1991-2003	1901-1950	1961-2003	1991-2003	1901-1950	1961-2003	1991-2003
leden	- 4,8	-4,3	-3,2	-4,9	-4,6	-3,5	111	89	77	131	127	128
únor	-4,0	-3,5	-2,7	-4,0	-3,6	-3,1	96	79	81	106	103	126
březen	-0,8	-0,6	-0,4	-0,8	-0,7	-0,2	86	86	98	87	110	137
duben	3,3	3,7	4,5	3,1	3,3	3,5	99	81	76	92	84	83
květen	9,1	9,4	10,5	8,8	9,5	10,7	98	105	97	90	95	86
červen	12,0	12,4	13,0	12,1	12,6	13,0	137	121	116	109	115	98
červenec	13,8	14,0	15,0	14,0	14,2	15,1	153	139	150	131	135	150
srpen	12,9	13,8	15,0	13,1	13,9	15,0	161	131	119	132	117	118
září	9,7	10,0	10,2	9,8	10,5	10,1	110	99	110	98	102	111
říjen	5,2	5,8	5,6	5,2	5,5	5,5	112	89	85	110	104	108
listopad	0,0	0,5	0,7	0,1	0,5	-0,7	105	100	84	111	114	106
prosinec	-3,3	-3,2	-3,1	-3,4	-3,3	-3,3	105	109	94	115	153	144
rok	4,4	4,9	5,5	4,4	4,8	5,2	1373	1218	1184	1312	1356	1397

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav Praha

Atmosférické srážky

Jizerské hory tvoří první významnější překážku vlhkému oceánskému proudění. Příkře se zvedající severní úbočí hor s převýšením 600–700 m má výrazný kondenzační účinek a podmiňuje bohatou srážkovou činnost. Z Jizerských hor pochází údaj o dosud nejvyšším naměřeném množství srážek za 24 hodin v ČR (345 mm, stanice Nová Louka, r.1897).

Srážky jsou v Jizerských horách rozloženy víceméně rovnoměrně do celého roku, každý měsíc jich spadne nejčastěji mezi 80–140 mm. Nezanedbatelný je častý výskyt mlh. S tím je spjat zvýšený "dodatečný" přísun vody z horizontálních srážek a tím i zvýšená míra depozice atmosférického znečištění (BLÁŠ, SOBIK, 2005).

Sníh se v Jizerských horách akumuluje obvykle v průběhu prosince, ledna a února (někdy na přelomu roku část odtává). Zásoba vody ve sněhové pokrývce se obvykle zmenšuje od druhé poloviny března. Na mýtinách sníh odtává nejčastěji v první dekádě dubna, v lese se může udržet až do května (BLÁŽKOVÁ, KOLÁŘOVÁ, 1994).

2.1.7 Hydrografická charakteristika povodí

Bílá Nisa je povodím II. řádu. Je pravostranným přítokem Lužické Nisy, do které se vlévá pod Jabloncem nad Nisou v nadmořské výšce 475 m n.m. Pramení asi 0,5 km severně od obce Bedřichov v nadmořské výšce 750 m. Plocha povodí je 16,4 km², délka sledovaného toku po závěrový profil Loučná 7 km. Spád toku po závěrový profil činí 230 m.

Bílá Nisa má dva levostranné přítoky. Prvním je potok protékající údolím Malého Semerinku (název se nepodařilo dohledat) a druhým je Malostranský potok protékající údolím Velkého Semerinku.

Dle mapy regionů povrchových vod spadá zájmové území do oblasti V-B-3-e, která je charakterizována jako velmi vodná, s malou retenční schopností a vysokým, středně rozkolísaným odtokem. Koeficient odtoku ($k = H_o/H_s$, tj. podíl roční odtokové výšky a výšky průměrných ročních srážek) činí 0,46 - 0,60.

2.2 Socioekonomický přehled

Primární vliv na jakost vody má ve sledovaném povodí obyvatelstvo a rekreace. Vliv zemědělství a průmyslu je zanedbatelný. Pro rekreaci jsou zde výborné podmínky, je však také jedním z původců znečištění. Komunální odpady, splaškové vody a fekálie jsou významným zdrojem především organických látek, sloučenin dusíku a sloučenin fosforu. K největšímu zatížení dochází v letních měsících, kdy je návštěvnost oblasti, hlavně rekreanty, nejvyšší a kdy je vodní stav toku nižší a tudíž se zvyšuje koncentrace nežádoucích látek ve vodě.

Následující informace byly poskytnuty starosty obcí Bedřichov a Janov nad Nisou. V Bedřichově je ke květnu 2008 hlášeno 292 osob k trvalému pobytu a 245 objektů pro rekreační využití. Z toho 6 je vedených jako ubytovací zařízení. V Janově n. N. je k trvalému pobytu hlášeno 1252 osob a je zde 450 objektů s číslem evidenčním, tudíž je pokládáno za rekreační. Provozovatelů ubytování je přihlášeno v Janově 85.

Je však nutno poznamenat, že ve skutečnosti se mohou uvedené počty lišit, protože v obci žijí i lidé, kteří k trvalému pobytu nahlášení nejsou. Navíc se zde nachází i objekty, které slouží ubytovacím účelům a rovněž hlášeny nejsou, a proto je nutné brát údaje pouze jako orientační.

Z hlediska cestovního ruchu leží obec Bedřichov na strategicky výhodném místě. V zimě je nejvýznamnějším nástupním místem Jizerských hor pro běžecské lyžování a zároveň je zde 9 vleků pro sjezdové lyžování. Současně s táním sněhu a posledními běžkaři se začínají Jizerské hory plnit cyklisty, kteří se na podzim opět plynule vystřídají s běžkaři. Navíc díky blízkosti hranic s Německem a Polskem se každým rokem zvyšuje i podíl zahraničních

turistů. Obec Bedřichov odhaduje návštěvnost zhruba na 300 tisíc osob ročně. Běžecké tratě procházejí i nad Janovem n. N. kde se nachází i další lyžařské středisko - Severák. V budoucnu se uvažuje o spojení lyžařských středisek v Bedřichově a Janově pomocí dalších vleků a sjezdovek a je tedy pravděpodobné, že návštěvnost bude v nadcházejících letech stoupat. O návštěvnosti v Janově n. N. zatím informace dostupné nejsou.

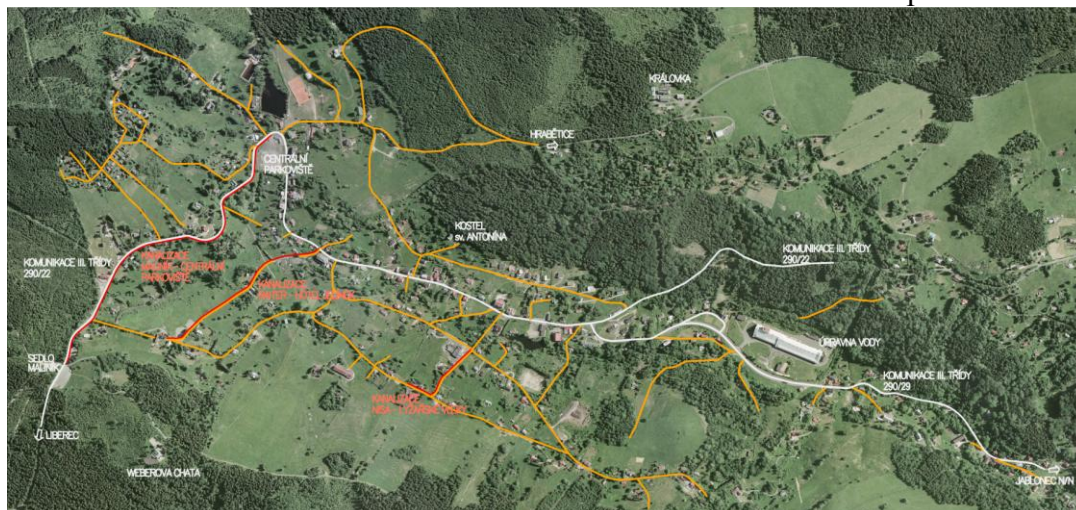
2.3 Zdroje znečištění v povodí

2.3.1 Bodové zdroje znečištění

Hlavními bodovými zdroji znečištění v povodí Bílé Nisy jsou úpravna vody (dále ÚV) Bedřichov a Sklárna Vitrum v Janově n. N. Provozovatelem ÚV Bedřichov jsou Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (dále jen SČVaK). Ta byla zřízena za účelem zásobování Jablonce n. N. pitnou vodou, přičemž zdrojem vody je vodárenská nádrž Josefův Důl. SČVaK spravuje i vodovodní a kanalizační síť na celém území povodí.

Na veřejnou kanalizaci v Bedřichově i Janově však nejsou dosud napojeny všechny objekty produkující komunální odpadní vody. Více nepřipojených objektů se nachází v Janově. Obě obce se však už nyní zabývají rozšířením kanalizační sítě. V Bedřichově se budou napojovat tři nové trasy kanalizace (viz. červeně vyznačené linie na obr. 3), díky nimž by mělo být napojeno minimálně dalších 27 bodových zdrojů znečištění. V Janově již výstavba nových napojení probíhá a je v plánu i výstavba čistírny odpadních vod. Projekty jsou z velké části financovány z fondů EU.

Obr. 3: Schéma rozšíření kanalizace a vodovodních řádů v horní části povodí Bílé Nisy



Zdroj: Liberecký kraj: <http://maps.kraj-lbc.cz>

2.3.2 Difúzní a plošné zdroje znečištění

Za difúzní zdroje znečištění je na daném území možné považovat rozptýlené drobné osídlení a skládky. Na horním okraji obce Bedřichov se nachází chatová kolonie, čítající okolo 60 objektů a jedna menší skládka pod objektem statku U Rajtrů. Dalším místem, kde se vyskytuje skládka odpadu, je údolní svah poblíže toku Bílé Nisy nad přítokem z Malého Semerinku. Poslední místo, kde je hromáďen odpad, je u objektu Sklární Janov. Sklárna sem patrně dočasně ukládá odpad ze své výroby.

Drobné osídlení na území celého povodí má velký vliv na jakost vody v povodí, a to zejména v letních měsících. Problémem těchto drobných sídel a objektů jsou v mnohých případech nevyhovující žumpy, jímky, proražené septiky, atd. Voda, obohacená především o sloučeniny dusíku a fosforu pak vtéká po krátkých úsecích přímo do toku Bílé Nisy. Dalšími

zdroji plošného znečištění mohou být hnojené zemědělské plochy, či imise z ovzduší. V povodí Bílé Nisy však velké zemědělské plochy nejsou a lze tedy předpokládat, že vliv hnojení nebude výrazný. Obdobně i imise z ovzduší jsou již v dnešní době značně omezené díky sanaci blízkých tepelných elektráren na území Německa a Polska.

2.4 Jakost povrchových vod

2.4.1 Dosavadní poznatky o jakosti vody

Povodí Bílé Nisy spadá do území spravovaného státním podnikem Povodí Labe Hradec Králové (dále PLA). Mimo dat z PLA nebyly osud ve zkoumaném povodí k dispozici žádná další podrobná data týkající se jakosti vody.

Podnik Povodí Labe poskytl ke zpracování bakalářské práce data za období let 2005 – 2007 z profilu Loučná v ukazatelích $P_{\text{celk.}}$, $P\text{-PO}_4$, $N_{\text{celk.}}$, $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NO}_2$, $N\text{-NH}_4$, TOC, BSK_5 , $CHSK_{Mn}$, rozpuštěný O_2 , pH, teplota vody, vodivost, zákal, $KNK_{4,5}$ a enterokoky - viz. tab.2. (z dvanácti měření každého roku je pro srovnání brán medián).

Dále v roce 2006 provedlo Povodí Labe podrobnější „Monitoring jakosti vody na přítocích do nádrže Mšeno,“ na objednávku Města Jablonec nad Nisou. Celý monitoring z roku 2006 byl motivován především nadměrným rozvojem fytoplanktonu ve vodní nádrži Mšeno. Výsledky rozborů (opět v mediánech) jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 2: Data z profilu Loučná za období let 2005-2007

2005-2007 Profil Loučná	$P_{\text{celk.}}$ [mg/l]	$P\text{-PO}_4$ [mg/l]	$N_{\text{celk.}}$ [mg/l]	$N\text{-NO}_3$ [mg/l]	$N\text{-NO}_2$ [mg/l]	$N\text{-NH}_4$ [mg/l]	TOC [mg/l]	BSK_5 [mg/l]
2005	0,05	0,04	1,7	1,4	0,013	0,09	-	1,6
2006	0,06	0,05	1,6	1,2	0,013	0,08	5,2	1,7
2007	0,05	0,03	1,6	1,3	0,017	0,08	4,2	1,8

2005-2007 Profil Loučná	$CHSK_{Mn}$ [mg/l]	rozp. O_2 [mg/l]	pH	T vody [C]	vodivost [mS/m]	zákal [Zft]	$KNK_{4,5}$ [mmol/l]	enterokoky [KTJ/10ml]
2005	4,2	9,8	7,6	7,5	11,4	3	0,306	51
2006	4,5	10,0	7,5	7,9	12,2	4	0,326	37
2007	3,5	10,2	7,3	6,2	12,1	4	0,357	46

Zdroj: Povodí Labe, s.p., Hradec Králové

Tab. 3: Výsledky monitoringu za rok 2006

Profil 2006	Pcelk.	P-PO ₄	N _{celk.}	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₄	TOC	BSK ₅
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Bedřichov	0,04	0,02	1,4	1,1	0,009	0,06	6,0	2
Nad Malým Semerinkem	0,04	0,02	1,3	1,0	0,009	0,04	5,3	2
Nad Velkým Semerinkem	0,06	0,03	1,7	1,3	0,013	0,05	5,1	2
Loučná	0,06	0,05	1,6	1,3	0,013	0,08	5,2	2

Profil 2006	CHSK _{Mn}	rozp. O ₂	pH	T vody	vodivost	zákal	KNK _{4,5}	enterokoky
	[mg/l]	[mg/l]		[°C]	[mS/m]	[ZFT]	[mmol/l]	[KTJ/10ml]
Bedřichov	5,3	9,4	7,0	7,6	12,5	5	0,280	25
Nad Malým Semerinkem	4,3	9,9	7,2	7,6	12,1	3	0,310	35
Nad Velkým Semerinkem	4,0	9,4	7,1	7,5	13,5	3	0,267	42
Loučná	4,5	10,0	7,5	7,9	12,1	4	0,320	38

Zdroj: Povodí Labe, s.p., Hradec Králové

Většina výsledků vypovídala o tom, že Bílá Nisa, společně s Lužickou Nisou, se na znečištění Mšenské nádrže (oproti ostatním přítokům) podílejí největší měrou. Práce ovšem poukazuje i na fakt, že monitoring byl prováděn pouze po dobu jednoho roku a proto mohou být některé závěry postihnuty i nahodilými jevy.

Z práce Ing. Rederera vyšla většina z testovaných parametrů na všech profilech v úrovních pod limity stanovenými Nařízením vlády č. 61/2003 Sb. Výjimkou byl ukazatel mikrobiálního znečištění – fekální koliformní bakterie – v profilech L.Nisa – Paseky a B.Nisa – Loučná. Hodnoty zde přesahovaly stanovený limit. Tato skutečnost indikovala ovlivnění odpadními vodami.

Práce se zabývala i posouzením transportu fosforu. Hodnoty na přítocích opět nepřesahovaly povolené limity, avšak pro vývoj „vodního květu“ mohou být impulsem i koncentrace fosforu o dva řády nižší, než je stanovený limit (150 µg/l), jak uvádí v práci Rederer. Zejména pak v Bílé Nise byly epizodně měřeny koncentrace celkového fosforu právě kolem limitní úrovně. Srovnáním s povodím, které není zatíženo antropickým fosforem, bylo zjištěno, že nejméně z 50% je nádrž Mšeno dotována fosforem z komunálního odpadu. Jako zdrojové oblasti byla vyhodnocena osídlení v povodí Malého a Velkého Semerinku a částečně i Bedřichova (všechny spadají do povodí Bílé Nisy). Větší zatížení fosforem bylo zjištěno i v Lužické Nise, ta se ovšem pro převod vody do nádrže využívá jen minimálně, proto jsou pro nádrž rozhodujícím faktorem koncentrace fosforu v Bílé Nise.

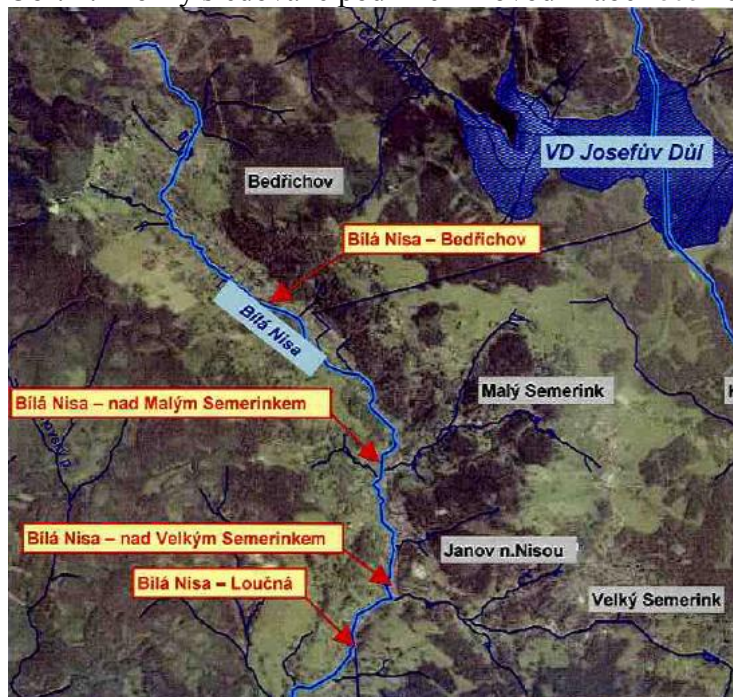
Doporučením pro zlepšení kvality vody ve vodní nádrži Mšeno byla minimalizace dotací Bílé Nisy fosforem z oblastí Malého a Velkého Semerinku. K zajištění tohoto cíle by bylo vhodné zpracovat evidenci všech potenciálních zdrojů (tj. s nezajištěnými odpadními vodami) včetně odhadu jejich možného vlivu na tyto dva přítoky do Bílé Nisy. Pokud by měla být připravena některá opatření, bylo by však žádoucí monitoring z roku 2006 ve stejném rozsahu opakovat (REDERED, 2007).

2.4.2 Terénní šetření

Od roku 1999 sleduje Útvar vodohospodářských laboratoří podniku Povodí Labe pravidelně kvalitu vody na Bílé Nise na profilu Loučná. Vzorke vody jsou odebírány jedenkrát za měsíc. Mimo tento pravidelný monitoring byl v roce 2006 Povodím Labe proveden podrobnější „Monitoring jakosti vody na přítocích do nádrže Mšeno,“ na objednávku Města Jablonec nad Nisou. V rámci tohoto projektu byly v průběhu roku 2006 na

Bílá Nisa sledována jednou za měsíc čtyři profily - Bedřichov, nad Malým Semerínkem, nad Velkým Semerínkem a Loučná (obr. 4).

Obr. 4: Profily sledované podnikem Povodí Labe roce 2006



Zdroj: Povodí Labe, s.p., Hradec Králové

Na konci dubna 2008 a na konci června 2008 byly navíc provedeny vlastní odběry na vybraných profilech, které byly analyzovány v laboratoři přírodovědecké fakulty na Ústavu životního prostředí pod vedením Ing. Benešové. Jednalo se o ukazatele P-PO₄, N-NO₃, N-NO₂, N-NH₄, BSK₅, CHSK_{Mn}, rozpuštěný O₂, pH, vodivost, KNK_{4,5}, ZNK_{8,3} a tvrdost vody. Analýza jakosti vody

2.4.3 Vlastní analýza jakosti vody

2.4.3.1 Metodika práce

Bylo vybráno 10 odběrových profilů pro analýzu jakosti vody (viz. kap. 2.4.3.2). Vzorky byly odebrány koncem dubna 2008, kdy v daném povodí končilo období tání sněhu a koncem června - začátkem letních prázdnin, tj. v období s nejvyšší návštěvností oblasti a tudíž nejvyšším zjišťovaným zatížením. Odběry byly uskutečněny vždy mezi 11 – 17 hod. Veškerá stanovení byla prováděna pouze jednou, a to z důvodů omezené kapacity laboratoře na prostor, čas, finance i objem vzorků vody. Stejné postupy jsou praktikovány i v akreditovaných laboratořích.

Měření průtoků

Průtok je důležitým doplňkem k chemickým analýzám koncentrací látek. K měření bylo užito hydrometrické vrtule. Místa měření průtoků se shodovala s místy odběru vzorků vody. U čtyř profilů se průtoky neměřily, jednalo se o 3 pramenné oblasti a horní profil jednoho z přítoků (z důvodu minimálního průtoku).

Princip měření spočívá ve stanovení střední průtokové rychlosti vody na základě metody graficko-početní, kdy naměřené střední svislicové rychlosti proudění se násobí

příslušnou dílčí průtočnou plochou. Celkový průtok je pak součtem jednotlivých dílčích průtoků v segmentech říčního průtočného profilu. K výpočtu průtoků se užívá vzorce:

$$Q = \sum_{i=1}^n F_i \cdot v_i, \text{ kde}$$

Q – průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

n – počet měření na svislicích

v_i – střední svislicová rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

F_i – plocha příslušné části průtočného profilu [m^2]

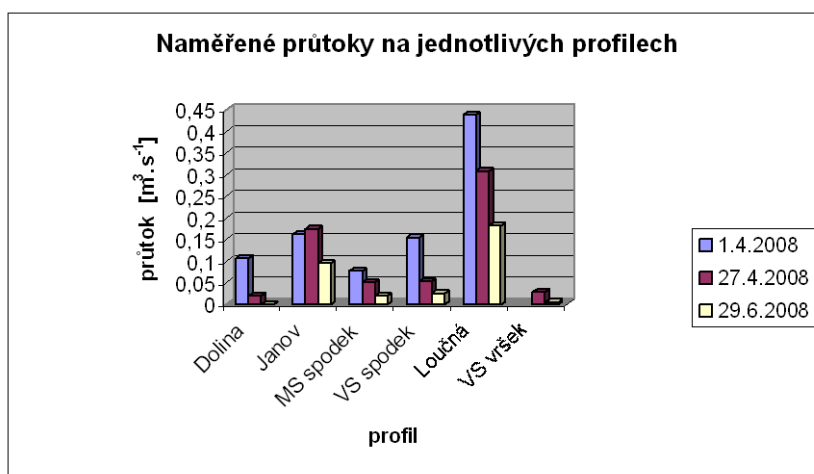
Výhodou hydrometrické vrtule je jednoduchost principu měření a vysoká spolehlivost. Nelze ji však použít pro měření dnových rychlostí a měření rychlostí menších než $0,025 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2008).

Samotný výpočet průtoků byl proveden pomocí softwaru „J2SE Runtime Environment 5.0 Update 6,“ poskytnutým katedrou fyzické geografie PřF UK.

Díky malým průtokům při druhém a třetím odběru jsou však některé průtoky zatíženy větší chybou, jelikož jejich velikost nedosahovala ani zmíněných $0,025 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na profilu Dolina se průtok při posledním měření změřit nedal kvůli malé hloubce a u profilu „Velký Semerink spodek“ je problematický tvar koryta, který způsobil další nepřesnosti při měření.

Z obr. 5 je patrný vývoj průtoků na sledovaných profilech v průběhu všech měření. Hodnoty měření jsou uvedeny. Profil VS horní byl vytipován až při odběru vzorků, tedy při druhém výjezdu, a není proto v grafu uvedena jeho hodnota z 1.4.2008.

Obr. 5: Průtoky na měrných profilech



Zdroj: Vlastní měření

2.4.3.2 Charakteristika jednotlivých odběrových profilů

Pro monitoring bylo vybráno po konzultaci se školitelem a Ing. Vanerem deset odběrových míst (obr. 6). Pět v pramenných a přítokových oblastech a pět na hlavním toku. Kritérii pro výběr míst byla jejich reprezentativnost z hlediska jakosti vody, dále pak dostupnost odběrových míst a vhodné profily koryta toku, důležité pro měření průtoků.

Závěrový profil je umístěn na 7 km toku v Loučné před štolou, odvádějící část průtoků do vodní nádrže Mšeno.

Pramenné a přítokové oblasti

1. CHATOVÁ KOLONIE – (DÁLE OZNAČEN JAKO) „STUDNA“

Na severním okraji obce Bedřichov leží chatová kolonie, která byla vytipována jako jeden z možných zdrojů znečištění, vzhledem k tomu, že zde není zavedena kanalizace a každý objekt řeší své odpady v rámci svých možností. Vzorek byl odebrán ze studny ležící v horní části kolonie. Předpokládá se zde čistá voda, jelikož většina objektů leží na svahu pod úrovní studny. Voda je zde označena jako pitná a chataři ji využívají pro všechny účely.

2. PROFIL NA VTOKU DO RYBNÍKU POD CHATOVOU KOLONIÍ – „RYBNÍK“

Pod svahem, na němž leží zmíněná kolonie, a silnicí, vedoucí horní částí Bedřichova, byl zvolen druhý profil. Zvolen byl především pro zjištění příspěvku znečištění chatovou kolonií a příspěvku několika objektů nenapojených na kanalizaci nad tímto odběrovým místem.

3. VÝVĚR NAD TECHNICKOU NÁDRŽÍ – „VÝVĚR“

Odběrové místo bylo vybráno jako další možný zdroj znečištění, ležící v pramenné oblasti. Na louce, nad technickou nádrží, se nachází vydatný pramen, jehož čistotu ohrožují pravděpodobně komunální odpady ze sídel, ležících pár desítek metrů nad pramenem, a skládka stavební sutí a zeminy. Skládka se nachází přímo nad pramenem. Vzorek byl odebrán ve strouze, vytékající pod touto skládkou.

4. HORNÍ ČÁST PŘÍTOKU MALÝ SEMERINK – „MS VRŠEK“

Podél přítoku vedoucím údolím Malý Semerink stojí mnoho obytných i rekreačních objektů. Ty jsou dalším předpokládaným zdrojem znečištění, protože v tomto údolí také dosud není zavedena kanalizace. Dále se na svahu této lokality nachází lyžařský areál Severák, do kterého se v zimě sjíždí značné množství lyžařů i běžkařů. Odběrové místo „Malý Semerink“ leží na horní části toku, mělo by proto být znečištěné relativně málo.

5. HORNÍ ČÁST PŘÍTOKU VELKÝ SEMERINK – „VS VRŠEK“

Obdobně jako u přítoku na Malém Semerinku je i ve zdejšímu údolí podél přítoku mnoho obytných i rekreačních objektů, které patří do výčtu možných zdrojů znečištění. Vzorek byl odebrán opět na horní části toku, aby sloužil jako srovnávací hodnota. Může zde být však jisté ovlivnění obcí Horní Maxov, jejíž několik obytných objektů je odvodňováno do sledovaného povodí.

Hlavní tok a ústí přítoků

6. HORNÍ ČÁST TOKU NAD VODNÍ NÁDRŽÍ V BEDŘICHOVĚ U CENTRÁLNÍHO PARKOVIŠTĚ – „DOLINA“

U profilu Dolina je předpokládán nejméně antropogenně ovlivněný vzorek. Jedná se o horní část toku a nalézá se zde pouze jediný objekt nad odběrovým místem, restaurační zařízení Dolina, který by mohl mít na kvalitu vody vliv. Jiné objekty se zde nenalézají, pouze zde začínají běžecké stopy Jizerské magistrály.

7. BÍLÁ NISA PŘED PŘÍTOKEM MALÉHO SEMERINKU, NA ZAČÁTKU OBCE**JANOV N. N. – „JANOV“**

Vzorek by měl monitorovat příspěvek znečištění úseku pramen – začátek obce Janov n. N. Tudíž příspěvek obce Bedřichov a objektů ležících pod ní.

8. PŘÍTOK MALÉHO SEMERINKU PŘED ÚSTÍM DO BÍLÉ NISY – „MS SPODEK“

Vzorek byl odebrán cca 20m před vstupem přítoku do Bílé Nisy. Ve výsledcích rozboru by se měl projevit příspěvek znečištění pocházejícího z údolí Malého Semerinku.

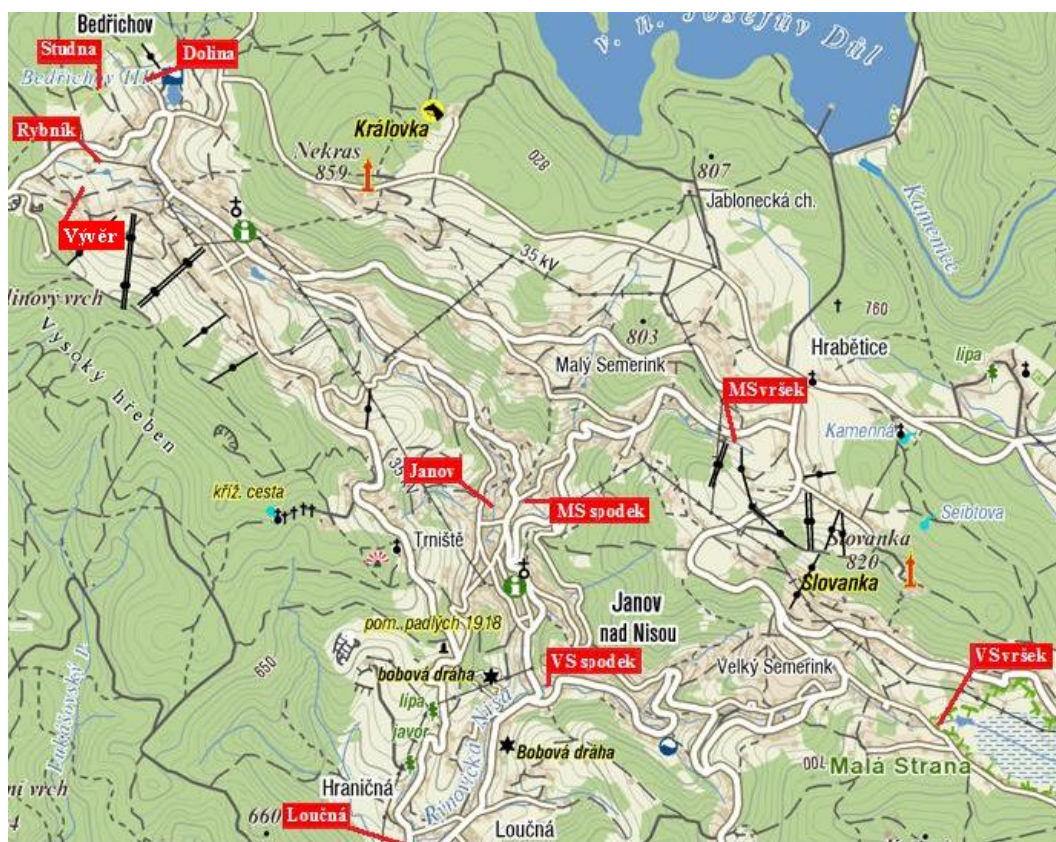
9. PŘÍTOK VELKÉHO SEMERINKU PŘED ÚSTÍM DO BÍLÉ NISY – „VS SPODEK“

Jedná se o stejný případ jako u Malého Semerinku. Vzorek byl odebrán cca 50m před vtokem do Bílé Nisy a měl by postihnout vliv přítoku Velkého Semerinku.

10. BÍLÁ NISA PŘED ŠTOLOU ODVÁDĚJÍCÍ ČÁST TOKU DO VODNÍ NÁDRŽE MŠENO – „LOUČNÁ“

Nejnižší položený, závěrový profil se nachází v obci Loučná, před začátkem štol, již je odváděn jeden z několika přítoků vodní nádrže Mšeno v Jablonci n. N. Profil monitoruje již několik let podnik Povodí Labe.

Obr. 6: Mapa odběrových míst



Zdroj: www.mapy.cz

2.4.3.3 Charakteristika sledovaných ukazatelů jakosti vod

Ukazatele jakosti vody byly zvoleny s ohledem na současné problémy povodí Bílé Nisy. Ta je v průběhu celého roku, především pak v létě, zatížena znečištěním a odpady pocházejícími z domácností, z chatové kolonie, rekreačních a dalších zařízení, u nichž chybí napojení na místní kanalizaci a řeší své odpady různými způsoby.

Organické látky

Organické látky významně ovlivňují chemické a biologické vlastnosti vod. Některé mohou mít karcinogenní, mutagenní, alergenní nebo teratogenní účinky, jiné mohou ovlivňovat barvu vody, pach a chuť, či vytvářet povrchový film (zhoršující přestup kyslíku do vody). Vody však mohou obsahovat i několik set různých organických látek a jejich separace a identifikace je velmi složitá. Z toho důvodu se hledaly metody umožňující vystihnout celkovou koncentraci organických látek ve vodě a vyjádřit tak míru celkového znečištění. Nejvíce se rozšířily metody nepřímé, založené na chemické nebo biochemické oxidaci organických látek.

Většina organických látek ve vodách podléhá biochemické oxidaci. Z toho důvodu se u nepřímých metod vyjadřuje koncentrace organických látek obvykle údajem o spotřebě kyslíku na jejich oxidaci. Porovnání výsledků chemické a biochemické oxidace umožňuje dělit přítomné látky na biologicky snadno a biologicky těžko rozložitelné.

Přírodním původem organických látek mohou být výluhy z půd a sedimentů a produkty životní činnosti rostlinných a živočišných organismů. Antropogenní znečištění pochází ze splaškových a průmyslových odpadních vod, z odpadů ze zemědělství a mohou vznikat i při úpravě vody (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Chemická spotřeba kyslíku – CHSK

Při stanovování CHSK se koncentrace organických látek ve vodě určuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek musí vynaložit na jejich oxidaci. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se v mg/l, tj. mg kyslíku, odpovídajícího podle stechiometrie spotřebě oxidačního činidla na 1 l vody (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Biochemická spotřeba kyslíku – BSK

BSK je definována jako množství rozpuštěného kyslíku, spotřebovaného k biochemické oxidaci látek ve vodě. Vyjadřuje se v mg/l, BSK za n dní se označuje BSK_n. Užívá se jako míra koncentrace jen biologicky rozložitelných organických látek, na rozdíl od stanovení CHSK, které postihuje organické látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné.

Při stanovování BSK povrchových vod v prostředí je nutná přítomnost dostatečného množství mikroorganismů, které jsou pro biochemickou oxidaci organických látek nezbytné. Během jejich inkubace musí být vzorek vody ve tmě, aby nedocházelo k fotosyntetické asimilaci. Inkubační doba byla zvolena jednotně na 5 dní (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

pH

Hodnota pH významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách i toxický vliv látek na vodní organismy. Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách a je jedním z hledisek pro posuzování agresivity vody.

V čistých přírodních vodách je pH v rozmezí 4,5 – 8,3 dáno obvykle rovnováhou mezi volným CO₂ a vázaným CO₂. Tuto závislost však mohou ovlivňovat huminové látky, kationty

snadno podléhající hydrolýze nebo sulfan, fosforečnany a sloučeniny boru a křemíku (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Neutralizační kapacita - NK

Schopnost vody vázat vodíkové nebo hydroxidové ionty, resp. kompenzovat výkyvy pH, lze označit jako neutralizační (acidobazickou) kapacitu (NK). Tato schopnost je významnou obecnou vlastností všech vod a je dána různými protolytickými systémy. U přírodních vod převažuje zpravidla uhličitánový systém, u znečištěných vod nikoliv.

Neutralizační kapacitou vody se rozumí látkové množství silné jednosytné kyseliny nebo silné jednosytné zásady v mmol, které spotřebuje 1 litr vody na dosažení určité hodnoty pH. Rozeznává se proto kyselinová kapacita (KNK) a zásadová kapacita (ZNK) v mmol/l (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Specifická vodivost

V hydrochemii je vodivost ukazatelem pro posuzování koncentrace elektrolytů obsažených ve vodě. Vodivost roztoků elektrolytů závisí na koncentraci iontů, na jejich pohyblivosti a na teplotě. K celkové vodivosti roztoku přispívají dílčí vodivosti kationů a aniontů. Jednotkou vodivosti je siemens S a charakteristickou veličinou je konduktivita (specifická vodivost) χ , která je ve zředěných roztocích lineární funkcí koncentrace složek. Jednotkou je $S \cdot m^{-1}$, v hydrochemii se používá obvykle $mS \cdot m^{-1}$ (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Sloučeniny dusíku

Dusík společně s fosforem patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Uplatňují se při všech biologických procesech, probíhajících v povrchových, podzemních a odpadních vodách a při biologických procesech čištění a úpravy vody. Dusík se vyskytuje ve vodách v různých oxidačních stupních a jeho distribuce je ovlivněna především biologickými procesy.

Přírodním zdrojem v biosféře je hlavně rozklad organických dusíkatých látek rostlinného a živočišného původu. Antropogenního původu jsou organické sloučeniny dusíku obsažené ve splaškových vodách (fekálie), odpady ze zemědělských výrob (močůvka, silážování) a rozkládající se biomasa odumřelých mikroorganismů. Anorganickým antropogenním zdrojem jsou splachy ze zemědělsky obdělávané půdy, hnojené minerálními dusíkatými hnojivy, atmosférické vody (oxidy dusíku vznikají jako vedlejší produkty při spalování paliv a jsou obsaženy ve výfukových plynech motorových vozidel) a některé průmyslové odpadní vody (např. z tepelného zpracování uhlí).

Formy dusíku podléhají ve vodách četným biochemickým přeměnám, z nichž nejdůležitější je biologická oxidace a redukce (nitrifikace a denitrifikace). Nitrifikací se rozumí oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany. Denitrifikací redukce dusičnanů na dusitany a posléze na dusík za současného uvolňování hydroxidových iontů.

Vysoké koncentrace sloučenin dusíku a fosforu mohou vést k nadměrnému rozvoji nežádoucích zelených organismů (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Amonné ionty

Amonné ionty jsou primárním produktem rozkladu živočišných a rostlinných organických dusíkatých látek. Organického původu je také amoniakální dusík ve splaškových vodách, v odpadech ze zemědělských výrob a ve smyvech z půd obsahujících dusíkatá hnojiva. Sekundárně mohou amonné sloučeniny vznikat přímo ve vodách chemickou redukcí dusičnanů. Je nezbytný pro tvorbu nové biomasy mikroorganismů (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Dusitany

Dusitany vznikají zejména biochemickou oxidací amoniakálního dusíku nebo biochemickou redukcí dusičnanů. Některé průmyslové odpadní vody jsou na dusitany velmi bohaté (výroby barviv, strojírenské závody, aj.). V čistých vodách se nevyskytují vůbec. V kyselém prostředí trávicího traktu živočichů se mohou transformovat v potenciálně karcinogenní N-nitrosoaminy. Mohou také reagovat s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který v krvi nemá schopnost přenášet kyslík (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

Dusičnany

Dusičnany vznikají hlavně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Jsou konečným stupněm rozkladu organických dusíkatých látek v oxickém prostředí. Dalším zdrojem mohou být dusíkatá hnojiva. Také atmosférické vody mohou v bouřkovém období obsahovat značné množství dusičnanového dusíku. V přírodních vodách se koncentrace dusičnanů mění v závislosti na vegetačním období. Maximálních koncentrací dosahují v zimním (mimovegetačním) období (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003) a při jarních smyvech z polí.

Fosforečnany

Antropogenním zdrojem anorganického fosforu je aplikace fosforečných hnojiv a odpadní vody z prádel, textilního průmyslu a domácností, do kterých se dostávají fosforečnany z pracích prostředků (působí jako aktivační přísady). Organického původu je fosfor obsažený v živočišných odpadech. Člověk vylučuje denně asi 1,5 g, který přechází do splaškových odpadních vod.

Sloučeniny fosforu mají významnou úlohu v přírodním koloběhu látek. Uplatňují se především při růstu zelených organismů ve vodě a mohou se tak podílet na eutrofizaci vod. Z toho důvodu je parametr „celkový fosfor“ sledován (podobně jako „celkový dusík“). Jeho koncentrace bývá v zimním období největší a v letním nejmenší (PITTER, 1990; HORÁKOVÁ, 2003).

3 Experimentální část

3.1 Metody stanovení sledovaných ukazatelů jakosti vody

3.1.1 Potenciometrické stanovení pH, specifická vodivost

pH i specifická vodivost se měří pomocí kombinovaného konduktometru s pH-metrem. Podstatou potenciometrického stanovení pH je měření rozdílu potenciálů dvou elektrod ponořených do měřeného vzorku. Jedna z nich je referenční se stálým, dobře reprodukovatelným potenciálem a k ní vztahujeme potenciál druhé – měrné elektrody. pH-metr se kalibruje použitím pufrů o známém pH.

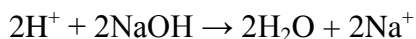
3.1.2 Acidobazické titrace

V acidimetrii se používá odměrný roztok kyseliny chlorovodíkové, který slouží k titraci hydroxidů a ostatních zásaditých látek. Naopak, v alkalimetrii je titračním činidlem odměrný roztok hydroxidu sodného, kterým lze titrovat silné i slabé kyseliny. Přesná koncentrace titračního činidla se určuje pomocí standardů (KATEDRA ANALYTICKÉ CHEMIE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE, 2004).

3.1.2.1 Neutralizační kapacity – acidita, alkalita

ZNK_{8,3} – zásadová kapacita do pH 8,3 (celková acidita)

Stanovuje se titrací vzorku vody odměrným roztokem NaOH o koncentraci 0,1 mol/l na směsný indikátor do modrého zabarvení.



Výpočet: $\text{ZNK}_{8,3} = (V_e \cdot f_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot 10^3) / V_0$ [mmol/l], kde

V_e – spotřeba odměrného roztoku NaOH (ml)

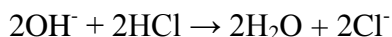
f_{NaOH} – faktor 0,1 mol/l NaOH

c_{NaOH} – koncentrace NaOH (mol/l)

V_0 – původní objem vzorku (ml)

KNK_{4,5} – kyselinová kapacita do pH 4,5 (celková alkalita)

Stanovuje se titrací vzorku vody odměrným roztokem 0,1 mol/l HCl na indikátor fenolftalein do odbarvení roztoku.



Výpočet: $\text{KNK}_{4,5} = (V_e \cdot f_{\text{HCl}} \cdot c_{\text{HCl}} \cdot 10^3) / V_0$ [mmol/l], kde

V_e – spotřeba odměrného roztoku HCl (ml)

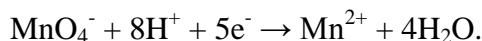
f_{HCl} – faktor 0,1 mol/l HCl

c_{HCl} – koncentrace HCl (mol/l)

V_0 – původní objem vzorku (ml)

3.1.3 Manganometrická titrace

V manganometrii je titračním činidlem odměrný roztok manganistanu draselného, který je v kyselém prostředí silným oxidačním činidlem a stechiometricky oxiduje mnoho anorganických a organických látek. Titrace se nejčastěji provádí v prostředí kyseliny sírové.



Fialové zabarvení titračního činidla lze využít k indikaci konce titrace (KATEDRA ANALYTICKÉ CHEMIE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE, 2004).

3.1.3.1 Chemická spotřeba kyslíku podle Kubela (CHSK_{Mn})

Metoda je založena na oxidaci organických látek manganistanem draselným v kyselém prostředí kyseliny sírové při desetiminutovém varu. Oxidace musí probíhat za přebytku manganistanu. Úbytek manganistanu, tj. množství spotřebované na oxidaci organických látek, se zjistí odměrným manganometrickým stanovením tak, že po ukončené oxidaci se do reakčního roztoku přidá známé množství standardního odměrného roztoku kyseliny šťavelové, která se manganistanem draselným zpětně titruje.

Postup: Do vyvažené titrační baňky se vloží varné kamínky a odměří se 100 ml vzorku. Přidá se 5 ml zředěné kyseliny sírové a 20 ml 0,01 mol/l odměrného roztoku manganistanu draselného. Směs se přivede k varu a udržuje se přesně 10 min. K horkému roztoku se poté ihned přidá 20 ml standardního odměrného roztoku 0,01 mol/l kyseliny šťavelové. Odbarvený horký roztok se okamžitě titruje odměrným roztokem 0,01 mol/l manganistanu draselného do slabě růžového zbarvení.

Výpočet: $\text{CHSK}_{\text{Mn}} = (V_e \cdot 80) / V_0$ [mg/l], kde

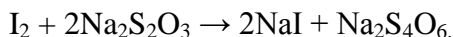
V_e – spotřeba odměrného roztoku KMnO_4 (ml)

V_0 – objem vzorku použitého při stanovení (ml)

80 – konstanta pro přepočet organických látek na kyslík

3.1.4 Jodometrická titrace

V jodometrii se používá odměrný roztok jódu a odměrný roztok thiosíranu sodného, který v kyselém prostředí stechiometricky redukuje jód na jodid a sám se oxiduje na tetrathionan sodný:



Nepřímé jodometrické titrace se používá ke stanovení analytů, které lze stechiometricky oxidovat jódem v alkalickém prostředí. V tomto případě se nechá reagovat nadbytek odměrného roztoku I_2 se vzorkem v prostředí hydroxidu, čímž dojde ke stechiometrické spotřebě jódu na oxidaci příslušného analytu. Poté se roztok okyselí a nespotřebovaný nadbytek I_2 se ztitruje odměrným roztokem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Při jodometrických titracích se konec titrace indikuje škrobem, neboť se jódem barví modře popřípadě hnědě podle druhu použitého škrobu (KATEDRA ANALYTICKÉ CHEMIE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE, 2004).

3.1.4.1 Rozpuštěný kyslík, BSK₅

Kyslík, rozpuštěný ve vzorku vody, reaguje s hydroxidem manganatým v alkalickém prostředí za vzniku ekvivalentního množství hydroxidu manganitého a manganičitého. Mangan s vyšším oxidačním číslem přechází po okyselení vzorku a po přidavku jodidu opět na ion manganatý, přitom jodid oxiduje na ekvivalentní množství jódu. Jód se pak stanoví titrací odměrným roztokem thiosíranu na indikátor škrobu.

Postup: Vzorek se odebere do kyslíkových láhví se zábrusovou zátkou tak, aby neobsahovala žádný atmosferický kyslík.

- Pro stanovení rozpuštěného kyslíku fixujeme v laboratoři vzorek 2 ml srážecího roztoku I (MnSO_4) a 2 ml srážecího roztoku II ($\text{KOH} + \text{NaN}_3$). Roztok I se vpraví pipetou ke dnu, kde se vypustí a poté se pipeta pomalu vytahuje. Roztok II se dává těsně pod hladinu. Kyslíkovou lahev je pak nutno opatrně zavřít tak, aby pod zátkou nezůstala vzduchová bublina. Obsah se několikanásobným obracením promíchá, až vznikne vločkovitá dobře usaditelná sraženina hydroxidů. Obsahuje-li vzorek kyslík, vznikne rezavě hnědá sraženina hydroxidu manganitého. Po dokonalém usazení sraženiny hydroxidů manganu (min. 12 hod) se lahev otevře, pryžovou hadičkou se opatrně odsaje čirý roztok nad sraženinou cca do poloviny objemu kyslíkové láhve. Ihned po odsátí se po stěně přilije 5 ml zředěné H_2SO_4 a směs se promíchá. Poté se přidají 2 ml roztoku KI a opět se promíchá. Přesně po 5 minutách se vyloučený jód titruje odměrným roztokem thiosíranu sodného do světle žlutého zbarvení. Nakonec se přidá škrobový indikátor (roztok zmodrá) a dotitruje se do odbarvení.
- Pro stanovení BSK₅ se vzorkovnice uloží do tmy dnem vzhůru a nechají se stát 5 dní. Poté se s nimi postupuje jako při stanovování rozpuštěného kyslíku.

Výpočet: $c_{\text{m(O}_2\text{)}} = (V_e \cdot f_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot 8 \cdot 10^3) / (V_k - V_r)$ [mg/l], kde

$c_{\text{m(O}_2\text{)}}$ – množství rozpuštěného kyslíku ve vzorku (mg/l)

V_e – spotřeba odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (ml)

$f_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ – faktor 0,05 mol/l $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$ – koncentrace $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mol/l)

V_k – objem kyslíkové láhve (ml)

V_r – celkový objem srážecích činidel přidaných do láhve (ml)

8 – stechiometrická přepočítávací konstanta na kyslík

Hodnota BSK₅ se získá odečtením naměřených hodnot $c_{\text{m(O}_2\text{)}}$ pro rozpuštěný kyslík po odběru a $c_{\text{m(O}_2\text{)}}$ po pěti dnech.

3.1.5 Spektrofotometrie

Spektrofotometrie ve viditelné a ultrafialové (VIS/UV) oblasti se používá jako kvantitativní analytická metoda ke stanovení nejrozličnějších organických a anorganických látek. Pokud sám analyt, který chceme stanovit, nevykazuje dostatečnou absorbanci při nějaké vhodné vlnové délce v této oblasti spektra, pak jej necháme nejprve reagovat s vhodným činidlem, s nímž vytváří přesně definovaný barevný produkt. Intenzita zbarvení roztoku tímto barevným produktem je pak přímo úměrná koncentraci analytu v analyzovaném roztoku. Nejprve proměříme absorpční křivku barevného produktu, což je závislost absorbance (A) barevného produktu na vlnové délce (λ) absorbovaného záření. Schéma spektrofotometru viz. obr. 7. Z absorpční křivky zjistíme vlnovou délku maxima, tedy vlnovou délku, při níž barevný produkt vykazuje největší absorbanci. Absorbance při vlnové

délce maxima použijeme ke konstrukci kalibrační přímky a ke stanovení analytu, neboť při této vlnové délce bude stanovení nejcitlivější. Absorbance vzniklého barevného produktu je přímo úměrná koncentraci analytu ve vzorku podle Lambertova-Beerova zákona:

$$A_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \cdot d \cdot c, \text{ kde}$$

A_{λ} - absorbance roztoku při vlnové délce λ

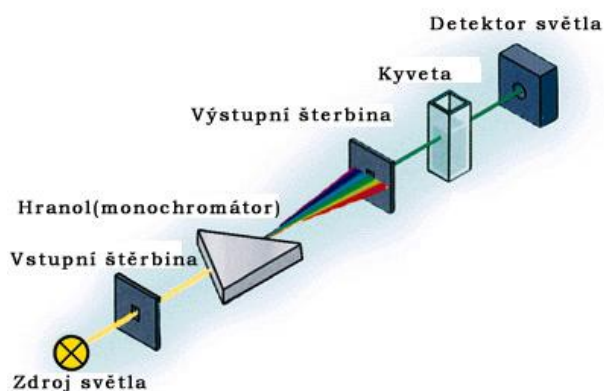
ε_{λ} - molární absorpční koeficient barevného produktu [$\text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$]

d - optická dráha paprsku, tedy tloušťka kyvety [cm]

c - molární koncentrace analytu [$\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$]

Poněvadž hodnotu molárního absorpčního koeficientu v Lambertově-Beerově zákoně neznáme, neboť ta závisí na konkrétních experimentálních podmínkách, používáme při spektrofotometrických stanoveních metodu kalibrační přímky jako vyhodnocovací metodu. Změříme absorbance standardů o různé koncentraci při vlnové délce absorpčního maxima a vyneseme kalibrační přímku, tedy lineární závislost absorbance roztoku na koncentraci analytu v tomto roztoku. Poté připravíme barevný roztok s analytem ze vzorku a opět proměříme jeho absorbanci při stejné vlnové délce. Dosazením této hodnoty absorbance do regresní rovnice zjistíme koncentraci analytu ve změřeném barevném roztoku a přepočítáme ji na koncentraci analytu v původním analyzovaném vzorku (KATEDRA ANALYTICKÉ CHEMIE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE, 2004).

Obr. 7: Schéma spektrofotometru



Zdroj: Ústav inženýrství ochrany životního prostředí Tomáše Bati ve Zlíně

3.1.5.1 Amonné ionty

Modrá sloučenina vzniká reakcí amonných iontů se salicylanem a chlornanovými ionty v přítomnosti nitrosopentakynoželezitanu sodného. Chlornanové ionty se tvoří alkalickou hydrolýzou sodné soli N,N-dichlor-1,3,5-triazin-2,4,6-trionu (dichlorisokyanuratanu) sodného. Při pH 12,6 reaguje vznikající chloramin v přítomnosti nitroprusidu sodného se salicylanem sodným. Díky tomu jsou do stanovení zahrnuty všechny, ve vzorku přítomné, chloraminy. Citronan sodný maskuje rušivé vlivy kationtů, zvláště vápníku a hořčíku.

Postup: Do 50 ml odměrných baněk napipetovat 40 ml vzorku, přidat 4 ml vybarvovacího činidla (salicylan sodný s dihydrátem citronanu trisodného) a zamíchat. Poté 4 ml dichlorisokyanuratanu sodného a důkladně promíchat. Doplnit po rysku demineralizovanou vodou, promíchat a nechat 1 hodinu stát při teplotě místnosti. Měří se absorbance při 655 nm

v 1 cm kyvetě proti slepému vzorku připravenému z demineralizované vody a přidáných činidel. Kalibrační křivka byla v laboratoři předpřipravena (obr. 8).

Výpočet: $c_{\text{NH}_4^+} = (40 \cdot c) / V$ [mg/l], kde

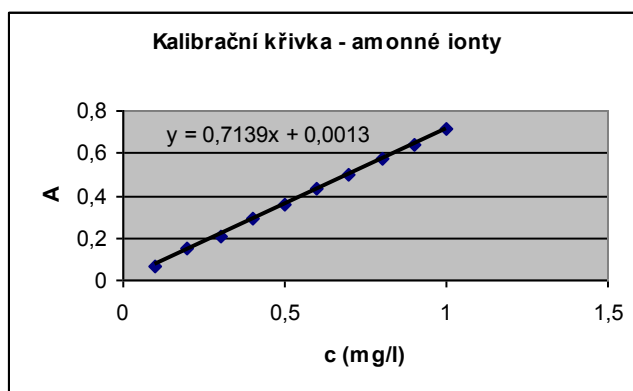
V – objem vzorku (ml)

c – koncentrace vzorku odečtená z kalibrační křivky (mg/l)

40 – konečný objem pro měření na spektrofotometru (ml)

Přepočet: $1 \text{ mg/l NH}_4^+ = 0,777 \text{ mg/l N}$

Obr. 8: Kalibrační křivka NH_4^+



Zdroj: Laboratoř ÚŽP Univerzity Karlovy v Praze

3.1.5.2 Dusitany

Sulfanilová kyselina je diazotována v prostředí kyseliny octové kyselinou dusitou (ze vzorku) na diazoniovou sůl. Vzniká diazoniová sůl kopulovaná α -naftylaminem v prostředí upraveném octanovým pufrům na hodnotu pH 2,0 - 2,5 na červenofialové azobarvivo. Intenzita vzniklého zabarvení je úměrná koncentraci dusitanů ve vzorku.

Postup: Do kádinky napipetovat 50 ml vzorku, přidat 1 ml kyseliny sulfanilové a promíchat. Po 5-ti minutách stání přidat 1 ml α -naftylaminu, opět promíchat a nechat stát 40 minut. Nakonec provést měření na spektrofotometru při 520 nm v 4 cm kyvetách proti slepému vzorku. Výsledky měření odečíst z kalibrační křivky a dopočítat dle vzorce. Kalibrační křivka byla v laboratoři předpřipravena (obr. 9).

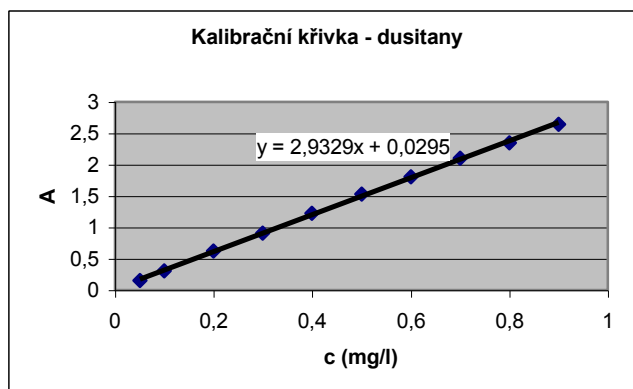
Výpočet: $c_{\text{NO}_2^-} = (50 \cdot c) / V$ [mg/l], kde

V – objem vzorku (ml)

c – koncentrace vzorku odečtená z kalibrační křivky (mg/l)

50 – konečný objem pro měření na spektrofotometru (ml)

Přepočet: $1 \text{ mg/l NO}_2^- = 0,292 \text{ mg/l N}$

Obr. 9: Kalibrační křivka NO_2^- 

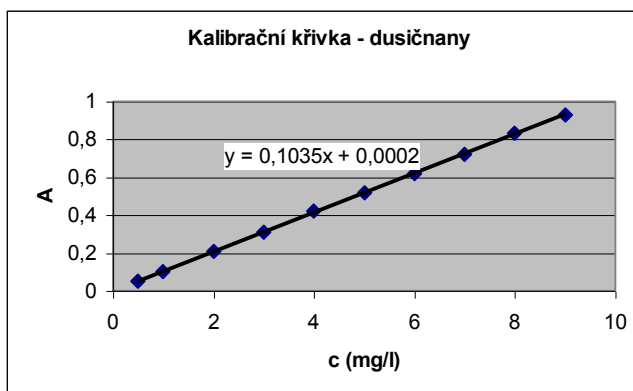
Zdroj: Laboratoř ÚŽP Univerzity Karlovy v Praze

3.1.5.3 Dusičnany

Postup: Měření provést se samotnými vzorky na spektrofotometru při 214 nm v 1 cm kyvetách proti destilované vodě. Výsledky odečíst opět z připravené kalibrační křivky a vynásobit zředěním vzorku.

Kalibrační křivka byla v laboratoři předpřipravena (obr. 10).

Přepočet: $1 \text{ mg/l NO}_3^- = 0,219 \text{ mg/l N}$

Obr. 10: Kalibrační křivka NO_3^- 

Zdroj: Laboratoř ÚŽP Univerzity Karlovy v Praze

3.1.5.4 Fosforečnany

Fosfor je prvek, který se ve vodách vyskytuje v organických nebo anorganických sloučeninách. Anorganické formy jsou ortofosforečnany a polyfosforečnany. Nejčastější formou výskytu jsou ortofosforečnany. Celkový fosfor ve vodách se stanovuje pomocí převedení všech forem fosforu na formu ortofosforečnanovou. Ortofosforečnany dávají po reakci s molybdenanem v prostředí kyseliny sírové a po redukci cínatou solí modré zabarvení, jehož intenzita je měřitelná na spektrofotometru. Kalibrační křivka byla v laboratoři předpřipravena (obr. 11).

Postup: Do kádinek napipetovat 50 ml vzorku, přidat 1 ml kyselého roztoku molybdenanu amonného, zamíchat. Po 5-ti minutách přidat 0,1 ml SnCl_2 a opět promíchat. Na spektrofotometru se měří v intervalu od 10 do 20 min proti slepému vzorku při vlnové délce 700 nm v 4 cm kyvetách.

Výpočet: $c_{\text{PO}_4^{3-}} = (50 \cdot c) / V$ [mg/l], kde

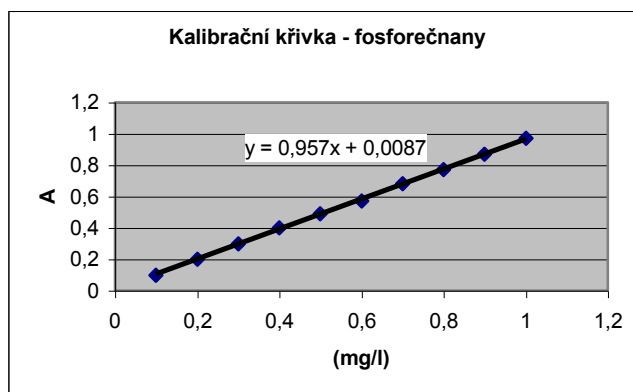
V – objem vzorku (ml)

c – koncentrace vzorku odečtená z kalibrační křivky (mg/l)

50 – konečný objem pro měření na spektrofotometru (ml)

Přepočet: 1 mg/l $\text{PO}_4^{3-} = 0,326$ mg/l P

Obr. 11: Kalibrační křivka PO_4^{3-}



Zdroj: Laboratoř ÚŽP Univerzity Karlovy v Praze

3.2 Použité přístroje

Spektrofotometr Hewlett Packard 8453, Německo

Konduktometr – pH metr GRYF 107 L, Česká Republika

3.3 Použité chemikálie

- Kyselina chlorovodíková 35%, Lach - Ner, s r.o., Neratovice, Česká Republika
- Hydroxid sodný, Lach - Ner, s r.o., Neratovice, Česká Republika
- Fenolftalein, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Methylovanž, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Směsný indikátor, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Kyselina sírová 96%, Lach - Ner, s r.o., Neratovice, Česká Republika
- Kyselina šťavelová, MERCK, Darmstadt, Německo
- Manganistan draselný, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Thiosíran sodný, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Iodid draselný, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Kyselina sulfanilová, Spolchemie Praha, Československá Republika
- α – naftylamin, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Molybdenan amonný, Lachema o.p. Brno, Česká Republika
- Chlorid cínatý - připraveno v laboratoři ÚŽP
- Dichloroisokyanuratan sodný, Sigma-Aldrich, Chemie GmbH, Steinheim, Německo

3.4 Vyhodnocení dat získaných vlastními odběry

Vyhodnocení práce je rozděleno do 3 oddílů. První se zabývá zařazením jednotlivých profilů do tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221. Je však důležité zdůraznit, že se jedná o datovou řadu čítající pouze dvě měření, přičemž nejkratší hodnotitelné období v praxi je jeden rok. Proto se druhý oddíl vyhodnocení opírá více o porovnání hodnot parametrů získaných z dubnového a červnového odběru vzorků. Grafy (viz. níže), sestavené z těchto hodnot, mají v tomto případě lepší vypovídací schopnost, nežli zařazení do tříd jakosti. Na konci kapitoly je stanovena látková bilance, pro dusičnany a fosforečnany, v závislosti na průtocích. Tyto dvě látky dominují při vzniku a rozvoji eutrofizačních procesů, které zatěžují VN Mšeno, do které Bílá Nisa přivádí vodu a jejímž největším znečišťovatelem je.

3.4.1 Hodnocení dle ČSN 75 7221

Vyhodnocení práce je rozděleno do 3 oddílů. První se zabývá zařazením jednotlivých profilů do tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221. Je však důležité zdůraznit, že se jedná o datovou řadu čítající pouze dvě měření, přičemž nejkratší hodnotitelné období v praxi je jeden rok. Proto se druhý oddíl vyhodnocení opírá více o porovnání hodnot parametrů získaných z dubnového a červnového odběru vzorků. Grafy (viz. níže), sestavené z těchto hodnot, mají v tomto případě lepší vypovídací schopnost, nežli zařazení do tříd jakosti. Na konci kapitoly je stanovena látková bilance pro dusičnany a fosforečnany v závislosti na velikosti průtoků. Tyto dvě látky dominují při vzniku a rozvoji eutrofizačních procesů, které zatěžují VN Mšeno, do které Bílá Nisa přivádí vodu a jejímž je největším znečišťovatelem.

Hodnocení dle ČSN 75 7221

Hodnocení jakosti vod se provádí podle ČSN 75 7221 „Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod“. Podle této normy se povrchové tekoucí vody řadí podle jakosti vody do pěti tříd:

- I. neznečištěná voda
- II. mírně znečištěná voda
- III. znečištěná voda
- IV. silně znečištěná voda
- V. velmi znečištěná voda

Jakost vod se klasifikuje pro každý ukazatel zvlášť. Mezní hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 4. Výsledná třída jakosti se pak určí podle nejnepríznivějšího ukazatele. Výsledky klasifikace se vyznačují barevně podle zjištěné třídy (viz. Tab. 4).

Tab. 4: Klasifikace jakosti vod sledovaných ukazatelů dle ČSN 75 7221

Ukazatel	Třída				
	I	II	III	IV	V
rozp.kyslík [mg/l]	> 7,5	> 6,5	> 5	> 3	≤ 3
BSK ₅ [mg/l]	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
CHSK _{Mn} [mg/l]	< 6	< 9	< 14	< 20	≥ 20
N-NH ₄ [mg/l]	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≥ 4
N-NO ₃ [mg/l]	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
konduktivita [mS/m]	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160

Zdroj: ČSN 75 7221

Z dvou naměřených hodnot, z 27.4.2008 a 29.6.2008, byl spočítán medián. Hodnoty jsou zaneseny v tabulce č. 5, kde jsou také pomocí barev klasifikovány profily do jednotlivých tříd jakosti vody. Pouze 5 parametrů překročilo stanovené limity pro I.třidu jakosti, především se jedná o $CHSK_{Mn}$. V profilu byla hodnota amoniakálního dusíku zařazena do II.třídy.

Tab. 5: Zařazení profilů do tříd jakosti dle ČSN 75 7221

Profil	období	rozp. kyslík [mg/l]	BSK ₅ [mg/l]	CHSK _{Mn} [mg/l]	vodivost [mS/m]	N-NH ₄ [mg/l]	N-NO ₃ [mg/l]	výsledná třída
Studna	27.4.-29.6.2008 třída	9,3	1,4	2,4	6,5	0,12	1,3	
		I	I	I	I	I	I	I
Rybník	27.4.-29.6.2008 třída	10,2	0,9	2,2	30,4	0,08	1,7	
		I	I	I	I	I	I	I
Vývěr	27.4.-29.6.2008 třída	9,7	1,4	2,3	12,0	0,33	1,8	
		I	I	I	I	II	I	II
Dolina	27.4.-29.6.2008 třída	10,2	1,7	8,7	5,7	0,12	1,1	
		I	I	II	I	I	I	II
MS vršek	27.4.-29.6.2008 třída	9,5	0,7	5,5	5,6	0,09	0,8	
		I	I	I	I	I	I	I
VS vršek	27.4.-29.6.2008 třída	9,2	1,0	10,5	6,8	0,09	1,2	
		I	I	III	I	I	I	III
Janov	27.4.-29.6.2008 třída	10,0	0,8	4,7	11,4	0,11	1,4	
		I	I	II	I	I	I	II
MS spodek	27.4.-29.6.2008 třída	9,4	1,7	4,3	9,8	0,17	1,7	
		I	I	I	I	I	I	I
VS spodek	27.4.-29.6.2008 třída	9,9	1,0	5,0	8,8	0,12	1,5	
		I	I	II	I	I	I	II
Loučná	27.4.-29.6.2008 třída	9,6	1,1	4,5	11,2	0,11	1,6	
		I	I	I	I	I	I	I

Zdroj: Vlastní odběry

3.4.2 Hodnocení jakosti vody dle parametrů

Kyslíkový režim (jednotlivé grafy koncentrací pro všechny parametry viz.příloha)

Rozpuštěný kyslík

Na všech profilech jsou kyslíkové poměry velmi dobré. Hodnoty naměřené 29.6. jsou nižší díky rozvoji zelených rostlin, které kyslík spotřebovávají.

BSK₅

Vyšší hodnoty na profilech Dolina a horní části Malého a Velkého Semerinku mohou být způsobeny přirozeným obohacením vody organickými látkami. Na spodních profilech obou Semerinků a Loučné se již však patrně projevuje antropogenní zatížení organickými látkami.

CHSK_{Mn}

Profil Dolina a horní profily Semerinků jsou na organické látky zatíženy více i podle tohoto parametru. Pro bližší specifikaci zvýšené hodnoty by však byla potřeba dalších rozborů.

Základní fyzikální a chemické ukazatele*pH*

Na profilech ležících v horní části toku jsou nižší hodnoty pH způsobené přítomností huminových látek a rašelinných vod. Nárůst pH v níže položených profilech může poukazovat na přítomnost komunálních odpadních vod.

Vodivost

Hodnoty na profilech Rybník i Vývěr indikují vyšší přísun znečišťujících látek do toku z míst nad odběry. U ostatních profilů je patrný vzestup vodivosti u níže ležících profilů, dokumentující akumulaci znečištění s přibývajícím vzdáleností od pramene.

Amoniakální dusík

Vysoká hodnota na profilu Vývěr opět dokumentuje velký přísun komunálního znečištění na tomto profilu, stejně jako fakt, že se jedná o pramennou oblast, kde je, ve srovnání s ostatními profily, znečištění značně koncentrováno. Též se projevuje příspěvek Malého i Velkého Semerinku.

Dusičnanový dusík

Hodnoty dusičnanů korespondují s hodnotami vodivosti. Zatížení je patrné na profilech Rybník, Vývěr, spodní části toku a opět je zde prokazatelný příspěvek Malého i Velkého Semerinku.

Dusitanový dusík

Koncem dubna byl obsah dusitanů výrazně vyšší, než v červnu. Tento fakt je možné vysvětlit, stejně jako u rozpuštěného kyslíku, aktivnějším uplatněním zelených rostlin ve vegetačním období.

Je zde patrný nárůst koncentrací se vzdáleností od pramene a velký příspěvek znečištění z údolí Malého Semerinku. O něco menší je pak příspěvek z údolí Velkého Semerinku.

Fosforečnanový fosfor

Rozdílné trendy koncentrací v období obou měření je způsobena též vegetačním obdobím zelených rostlin. Výsledky poukazují opět na stejné problematické oblasti jako u předchozích parametrů. Oproti nim je u fosforečnanů i zvýšená hodnota na profilu Velký Semerink – vršek, což může poukazovat na vliv obce Horní Maxov na kvalitu vody v horní části Malostranského potoka (údolí Velkého Semerinku).

Alkalita

Z hlediska alkality vykazují hodnoty gradient s posunem od pramene, z čehož je patrný nárůst antropogenní mineralizace. Oproti ostatním parametrům je však na Janovském profilu o něco vyšší hodnota, lze tedy usuzovat, že podíl na této mineralizaci má v jisté míře i obec Bedřichov. Příspěvek, nad profilem Vývěr, je znovu výrazně patrný.

Acidita

Mimo pár zvýšených hodnot, které jsou ovšem vždy pouze u jednoho z měření, není z grafu patrný žádný výrazný vývoj.

Tabelované hodnoty jsou uvedeny v tab.6 a 7.

Tab. 6: Výsledky vlastních odběrů z 27.4.2008

Profil	vodivost	pH	rozp. O ₂	BSK ₅	CHSK _{Mn}	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄	KNK _{4,5}	ZNK _{8,3}
27.4.2008	[mS/m]		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mmol/l]
Studna	6,3	6,1	10,2	0,8	1,4	0,11	1,2	0,117	<0,01	0,158	0,105
Rybník	26,7	6,2	10,3	0,7	1,4	0,05	1,8	<0,005	0,01	0,158	0,105
Vývěr	10,5	6,7	10,4	0,3	1,1	0,13	1,6	0,044	0,20	0,316	1,052
Dolina	5,1	6,7	10,6	1,5	7,9	0,11	1,1	0,058	<0,01	0,105	0,053
MS vršek	4,7	7,4	9,9	1,2	5,6	0,09	0,8	0,044	0,01	0,210	0,053
VS vršek	6,5	7,3	10,1	0,8	7,0	0,11	1,0	0,073	0,16	0,263	0,053
Janov	10,5	7,4	10,5	0,1	2,8	0,09	1,3	0,073	0,01	0,316	0,053
MS spodek	8,9	7,3	10,3	1,4	3,2	0,12	1,4	0,350	0,05	0,316	1,052
VS spodek	7,9	7,3	10,5	0,9	3,2	0,08	1,2	0,117	0,18	0,263	0,053
Loučná	10,3	7,3	10,3	1,4	3,0	0,09	1,4	0,263	0,20	0,316	0,053

Zdroj: Vlastní odběry

Tab. 7: Výsledky vlastních odběrů z 29.6.2008

Profil	vodivost	pH	rozp. O ₂	BSK ₅	CHSK _{Mn}	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄	KNK _{4,5}	ZNK _{8,3}
29.6.2008	[mS/m]		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mmol/l]	[mmol/l]
Studna	6,6	5,8	8,3	0,9	3,4	0,12	1,3	0,005	<0,01	0,210	0,193
Rybník	34,1	6,0	10,1	1,0	3,0	0,11	1,6	0,003	<0,01	0,105	0,970
Vývěr	13,5	6,8	8,9	0,9	3,5	0,53	2,0	0,051	0,26	0,631	0,193
Dolina	6,2	6,0	9,8	1,9	9,4	0,12	1,1	0,007	0,01	0,210	0,291
MS vršek	6,4	6,3	9,1	1,4	5,3	0,09	0,8	0,007	0,01	0,210	0,291
VS vršek	7,1	6,5	8,3	1,2	14,0	0,06	1,4	0,011	0,03	0,421	0,193
Janov	12,2	6,8	9,4	0,5	6,5	0,13	1,4	0,020	0,02	0,526	0,193
MS spodek	10,7	6,6	8,5	1,9	5,4	0,22	1,9	0,048	0,13	0,421	0,097
VS spodek	9,6	6,5	9,2	1,1	6,8	0,16	1,7	0,022	0,09	0,526	0,097
Loučná	12,1	6,7	8,8	1,6	5,9	0,13	1,7	0,023	0,04	0,473	0,291

Zdroj: Vlastní odběry

3.4.3 Hodnocení dle látkové bilance

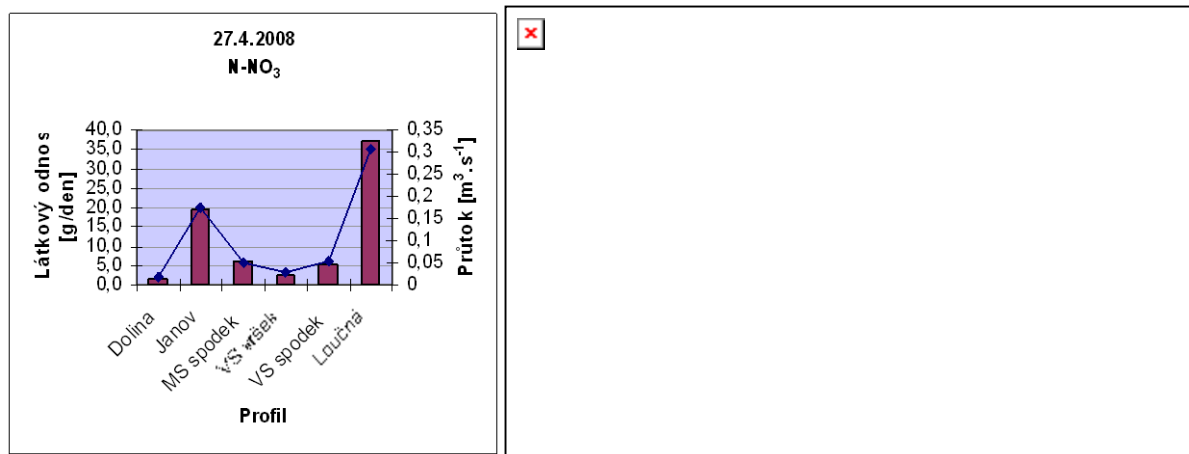
Látková bilance umožňuje zhodnotit zatížení toku znečišťujícími látkami. Jedná se o hmotnostní množství látek odnesených vodou v korytě za určitý čas a vypočítá se jako součin koncentrace látky v mg/l a průtoku v m³/s.

Látková bilance fosforečnanů a dusičnanů koresponduje s velikostí průtoků, jak je patrné z grafů na obr. 24, 25. Při vyšších průtocích v dubnu byly shodně vyšší i látkové odnosy obou polutantů.

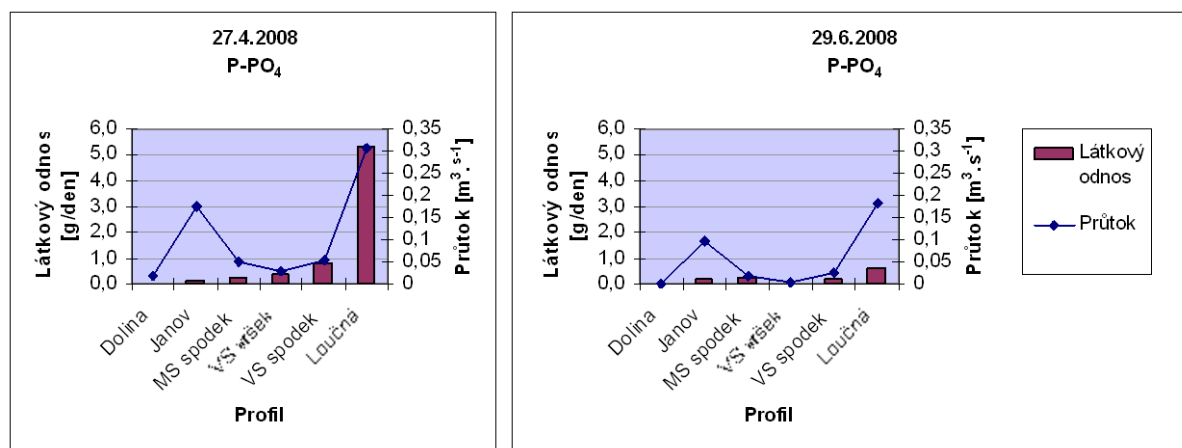
Látkový odnos dusičnanů (obr. 12) ukazuje velikost příspěvku obce Bedřichov. Jeho hodnota vzrostla v dubnu, mezi profily Dolina a Janov, více než 10x. V červnu bylo měření průtoku na profilu Dolina zatíženo velkou chybou (kvůli příliš malému průtoku), je proto těžké říci, kolikrát vzrostla hodnota v tomto období. Patrný je i nárůst hodnot na Malostranském potoce (VS vršek – VS spodek). V dubnu na tomto úseku vzrostla hodnota 2,3x, v červnu 6x.

Látkový odnos dusičnanů, z celého sledovaného toku – mezi profily Dolina a Loučná, vzrostl 20,5x (v červnu).

Tabelované hodnoty látkového odnosu pro dusičnany i fosforečnany viz. Tab. 8 a 9.

Obr. 12: Vývoj látkového transportu N-NO₃ a průtoků

Zdroj: Vlastní odběry

Obr. 13: Vývoj látkového transportu P-PO₄ a průtoků

Zdroj: Vlastní odběry

U látkového odnosu fosforečnanů (obr. 13) byla hodnota pro obec Bedřichov (profil Janov) menší, než na všech profilech Semerinků. Největší příspěvek odnosu by tak připadal na část toku pod profilem Janov, ale to se jeví jako nepravděpodobné, protože ostatní údaje nevykazují v této oblasti výraznější znečištění. Při měření, či stanovování, došlo patrně k chybě, kterou nelze z těchto dvou měření, vypátrat.

Zajímavá je hodnota na profilu VS vršek, která může být způsobena vlivem obce Horní Maxov.

Tab. 8 a 9: Látkový odnos N-NO₃ a P-PO₄

Profil	látkový odnos N-NO ₃ [g/den]	
	27.4.	29.6.
Dolina	1,81	0,01
Janov	19,54	11,5
MS spodek	6,17	3,12
VS vršek	2,42	0,61
VS spodek	5,50	3,67
Loučná	37,14	26,73

Profil	látkový odnos P-PO ₄ [g/den]	
	27.4.	29.6.
Dolina	0,01	0,01
Janov	0,15	0,16
MS spodek	0,22	0,22
VS vršek	0,39	0,01
VS spodek	0,82	0,19
Loučná	5,30	0,63

Zdroj: Vlastní odběry

4 Diskuze

Cílem této práce byla analýza jakosti vody v povodí Bílé Nisy. Práce se snažila zmapovat vývoj znečištění v podélném profilu toku, zjistit vliv obcí Bedřichov, Janov n. N. a Loučná, posoudit příspěvky znečištění z přítoků Velkého a Malého Semerinku a dokumentovat kvalitu vody v pramenné oblasti Bílé Nisy.

Hlavním problémem, ke kterému znečištění z Bílé Nisy přispívá, je eutrofizace vodní nádrže Mšeno v Jablonci n. N. Příčinu je nutné hledat ve znečištění toku splaškovými vodami a to hlavně ze sídel v údolích Malého i Velkého Semerinku a také z Bedřichova. Obec Bedřichov má zavedenou kanalizační síť, ne všechny objekty jsou však na ni napojené. Malý a Velký Semerink zatím kanalizaci vůbec nemá. Zmapování těchto oblastí a zjištění největších znečišťovatelů by mělo být součástí navazující diplomové práce.

Analýza výsledků byla členěna do 3 kategorií. V první byl z obou odběrů spočítán medián a ten pak zařazen do tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221. Klasifikace většiny parametrů spadala do I. třídy jakosti vody, tedy „velmi čisté vody.“ Z tohoto trendu se vymykal parametr CHSK_{Mn} , který ve 3 případech spadl do II. třídy (profily Dolina, Janov a VS spodek) a jednou do III. třídy (VS horní). Profily Dolina a VS horní by mohly být ovlivněny přírodními poměry (rašeliniště a smrkové monokultury), u Janova a VS dolní může být už přítomno antropogenní ovlivnění, nicméně datová řada je velice krátká a chybí další měření pro srovnání a posouzení, o jaký vliv se jedná. Z I. třídy se ještě vymykal profil Rajtr v parametru N-NH_4 . Hodnota patřila do II. třídy a jasně indikuje znečištění splaškovou vodou. U ostatních profilů hraje patrně roli naředení větším objemem vody. Podle výsledných tříd spadá do I. třídy 5 profilů (Studna, Rybník, MS horní, MS dolní a Loučná), do II. třídy 4 profily (Rajtr, Dolina, Janov a VS dolní) a do III. třídy 1 profil (VS horní). Podle tohoto hodnocení se dá říci, že kvalita vody v povodí Bílé Nisy se dá považovat za velice dobrou.

Druhým kritériem pro posouzení bylo hodnocení podle koncentrací jednotlivých ukazatelů, ze kterých se dalo lépe určit, které lokality jsou z hlediska zatížení odpadními vodami dominantní.

Zatížení amoniakálním dusíkem bylo v největší míře zjištěno na profilu Rajtr. Při červnovém odběru byly o něco vyšší i hodnoty na spodních profilech Semerinků, v Janově a na uzávěrovém profilu Loučná. Přítomnost amonných dokazuje přítomnost fekálního znečištění. Vyšší hodnoty dusičnanového dusíku byly pozorovány v těch samých profilech a navíc na profilu Rybník a VS horní. Na kvalitu vody na profilu Rybník má zřejmě vliv osídlení nad profilem a u VS horní je možné mírné zatížení obcí Horní Maxov, které by bylo zajímavé prošetřit dalšími odběry. Ve většině případů jsou červnové hodnoty obou forem dusíku ve vyšších koncentracích, což odpovídá nárůstu počtu rekreatantů a většímu využití oblasti v letním období. Dusitanový dusík má opačný vývoj. Jeho hodnoty jsou několikanásobně vyšší v dubnu, než při druhém měření a je vidět velký přísun z Malého i Velkého Semerinku. Vyšší hodnotu má i Studna, na kterou má patrně jistý vliv chatová kolonie.

Fosforečnany mají opět nejvyšší hodnoty na profilu Rajtr. Stejně jako u předchozích parametrů je pak i zde vyšší zatížení na spodních profilech Semerinků a v Loučné. Zajímavé je srovnání vývoje v dubnu a červnu. V dubnu hodnoty narůstají a na uzávěrovém profilu jsou nejvyšší, kdežto v červnu jejich hodnoty klesají. Tento jev je patrně ovlivněn spotřebou rostlin ve vegetačním období.

V třetí řadě byla kvantitativně zhodnocena látková bilance dusičnanů a fosforečnanů. Průtoky byly v dubnu v důsledku tání sněhu vyšší a s nimi byly vyšší i odnosy polutantů. Látkový odnos vzrostl mezi profily Dolina a Janov více než 10x, což jasně dokumentuje vliv Bedřichova. Další příspěvky pocházely z údolí Semerinků. U Velkého Semerinku byla hodnota mezi profily VS horní a VS dolní více než 2x větší. Součet příspěvků ze Semerinků a

z profilu Janov pak byl v dubnu 31,21 g/den a na uzávěrovém profilu v Loučné to bylo 37,14 g/den. Rozdíl mezi těmito hodnotami vypovídá o výši příspěvku samotné obce Janov n. N. a části obce Loučná, která zasahuje do vymezeného povodí. Velikost příspěvku je přibližně stejná jako příspěvek z každého Semerinku.

Červnové hodnoty měly obdobný ráz jako dubnové, byly pouze nižší a látkový odnos dusičnanů v celém sledovaném povodí se při druhém měření zmenšil přibližně 1,5x oproti dubnu. Dá se tedy říci, že na znečištění dusičnany se nejvíce podílela obec Bedřichov.

Vývoj fosforečnanů měl v dubnu odlišnou tendenci než dusičnany. Podle naměřených hodnot by dodával relativně větší příspěvek Velký Semerink, největší podíl by však náležel obcím Janov a Loučná (téměř 80%).

Červnové hodnoty mají obdobný vývoj jako dusičnany. Podíl obce Bedřichov je však menší než příspěvek Malého i Velkého Semerinku. Látkový odnos z obcí Janov a Loučná je, oproti ostatním profilům, velice malý (0,06 g/den).

5 Závěr

Z výsledků měření je možné vymezit některé oblasti, které se podílí na znečištění Bílé Nisy nejvíce. Je ovšem nutné poznamenat, že tato bakalářská práce se zakládá na pouhých dvou měřeních a analýze dosavadních poznatků, kterých ovšem o daném povodí není publikováno mnoho. Jediná práce obdobného charakteru byla zpracována Ing. Redererem z Povodí Labe s.p. Jejím cílem bylo zhodnotit vlivy přítoků vodní nádrže Mšeno na její eutrofizaci. Práce ukázala, že Bílá Nisa má z těchto přítoků na přísun živin do nádrže největší vliv.

Má práce se zabývala detailním prozkoumáním místních podmínek a v první řadě byla zaměřena na analýzu odebraných vzorků z 10 profilů. Ty byly vybrány tak, aby bylo možno posoudit znečištění v pramenné oblasti, vliv obcí Bedřichov a Janov n. N. a v poslední řadě vliv osídlených oblastí Malého a Velkého Semerinku, kam není zavedena kanalizace. Kanalizační síť probíhá Bedřichovem i Janovem a pokračuje dál směrem do Jablonce n. N., ale obě obce mají řadu oblastí, které na ni stále napojené nejsou.

Samotná analýza potvrdila výsledky práce Rederera. Voda přítékající z údolí Malého i Velkého Semerinku má významný vliv na Bílou Nisu. Z toho Malý Semerink dosahuje ve většině parametrů vyšších hodnot, není to však pravidlem a hodnoty se liší minimálně. Velké zatížení polutanty se prokázalo i u obce Bedřichov.

Z hlediska zařazení profilů do tříd podle ČSN 75 7221 vyšlo 5 profilů v I. třídě, 4 ve II. třídě a 1 ve III. třídě jakosti. Každý z pěti zatížených profilů však překračoval limity vždy pouze v jednom parametru. Dalo by se tedy říct, že vzhledem k ČSN 75 7221 je Bílá Nisa velmi čistou řekou.

Po stránce hodnocení podle parametrů vyšel z analýzy nejhůře profil Rajtr. Výsledky prokazatelně dokazují značné znečištění tohoto pramene splaškovými vodami. Ostatní profily z pramenných oblastí a přítoků a profil Dolina, jsou velmi čisté a není zde patrný žádný větší přísun polutantů. Jediný možný profil, u něhož se dá uvažovat antropogenní vliv, je horní profil Velkého Semerinku. Některé hodnoty zde byly zvýšené oproti ostatním, což může poukazovat na vliv části obce Horní Maxov, spadající do povodí Bílé Nisy.

U zbývajících 4 profilů ležících na hlavním toku a na ústích přítoků do Bílé Nisy, potvrdily výsledky nárůst znečištění. Je z nich opět jasně patrný významný příspěvek znečištění z obou Semerinků a o něco menší příspěvek z Bedřichova, jehož hodnoty jsou nižší než u Semerinků.

Zhodnocení látkového bilance ukázalo, že v dubnovém období, kdy z povodí odtékalo více vody, byl látkový odnos několikanásobně vyšší. Hodnoty v červnu byly nižší i díky vyšší spotřebě dusičnanů a fosforečnanů zelenými organismy.

Obecně se dá shrnout, že zásadní vliv na kvalitu vody v Bílé Nise mají především přítoky z Malého a Velkého Semerinku. O něco menší vliv má Bedřichov a zbylé, nejmenší znečištění pochází z obce Janov n. N. Pro jasné potvrzení vlivu hlavních znečišťovatelů povodí by však bylo nutné provést ucelenější a delší monitoring, který by eliminoval chyby a nahodilé jevy.

Vliv chatové kolonie se zdá být zanedbatelný. Profil Rybník, ležící pod úrovní kolonie, má v některých parametrech zvýšené hodnoty, je však pravděpodobné, že je ovlivněn spíše obytnou zástavbou v bezprostřední blízkosti. Půda, do níž se odpady z kolonie vsakují, patrně funguje jako dostatečný filtr. Vliv kolonie je limitován objemem vody, který pochází v podstatě pouze ze studny. Dá se proto předpokládat, že její využití se vztahuje především na účely pití, vaření, mytí nádobí, apod., záchody jsou zde suché. Nedochází tedy k velkému vymývání a transportu polutantů. Otázkou je, jaká je kvalita vody a zatížení z kolonie

v letních měsících, kdy je její kapacita využívána nejvíce a kontinuálně, tedy nejen v období na víkendů.

Přínosem do budoucna by bylo zmapování všech oblastí a objektů nepřipojených na kanalizační síť a důkladné posouzení jejich příspěvku k celkovému znečištění toku. Jisté je, že pozitivní vliv a pokles znečištění přinesou Bílé Nise nová rozšíření kanalizačních sítí.

6 Výběr literatury

- BALATKA, B., KALVODA, J. (2007): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie, Praha.
- BŁAŚ, M., SOBIK, M. (2005): *Mgła w Karkonoszach i wybranych masywach górskich Europy*. Dostupný z WWW: <http://www.meteo.uni.wroc.pl/aktualne/0002/0002.htm> [cit. 18.6.2008].
- BLAŽKOVÁ, Š., KOLÁŘOVÁ, S. (1994): *Vliv odlesnění na hydrologický režim v oblasti Jizerských hor*. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, Praha.
- ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV: *Oddělení hydrologické přístrojové techniky*. Dostupné z WWW: <http://www.chmi.cz/hydro/ohpt/vrtule.htm> [cit. 18.6.2008].
- HORÁKOVÁ, M. (2003): *Analytika vody*. VŠCHT v Praze, Praha.
- KATEDRA ANALYTICKÉ CHEMIE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE (2004): *Základní praktika z analytické chemie*, Praha.
- OLMER, M., KESSL, J. (1990): *Hydrogeologické rajóny*. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, Praha.
- PITTER, P. (1990): *Hydrochemie*. SNTL, Praha.
- QUITT, E. (1971): *Klimatické oblasti ČSSR*, Praha.
- REDERER, L. (2005): *VD Mšeno. Jakost vody (zpráva 2006)*. Státní podnik Povodí Labe, Hradec Králové.
- REDERER, L. (2007): *Monitoring jakosti vody v povodí nádrže Mšeno 2006*. Státní podnik Povodí Labe, Hradec Králové.
- TOMÁŠEK, M. (2003): *Půdní mapa České Republiky*. Česká geologická společnost, Praha.
- ÚSTAV INŽENÝRSTVÍ OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ: *Laboratoř analytické chemie – Úloha č.15*. Dostupné z WWW: <http://uiozp.ft.utb.cz/uiozp/studmat/20069413337/uloha15x.doc> [cit. 3.7.2008].
- VESECKÝ, A. (1958): *Atlas podnebí ČSR*. Praha.

Mapové podklady:

Půdní mapa České Republiky 1 : 1 000 000. ČGS, Praha, 2003.

Geological Map of the Krkonoše and Jizerské hory Mts. 1 : 100 000. ÚÚG, Praha, 1989.

Mapový server Libereckého kraje. Dostupné z WWW: <http://maps.kraj-lbc.cz> [cit. 7.7.2008].

Datové zdroje:

HEIS VÚV T.G.M., Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000.

Data o jakosti vod – Povodí Labe, s.p., Hradec Králové.

7 Seznam tabulek a obrázků

Seznam tabulek:

- Tab. 1: Srovnání průměrných měsíčních a ročních teplot a srážek měřených v letech 1901 – 1950, 1961 - 2003 a 1990 - 2003 ve stanicích Bedřichov (780 m n.m.) a Souš (772 m n.m.)
- Tab. 2: Data z profilu Loučná za období let 2005-2007
- Tab. 3: Výsledky monitoringu za rok 2006
- Tab. 4: Klasifikace jakosti vod sledovaných ukazatelů dle ČSN 75 7221
- Tab. 5: Zařazení profilů do tříd jakosti dle ČSN 75 7221
- Tab. 6: Výsledky vlastních odběrů z 27.4.2008
- Tab. 7: Výsledky vlastních odběrů z 29.6.2008
- Tab. 8: Látkový odnos N-NO₃
- Tab. 9: Látkový odnos P-PO₄

Seznam obrázků:

- Obr. 1: Letecký snímek sledovaného povodí
- Obr. 2: Mapa zájmového území
- Obr. 3: Schéma rozšíření kanalizace a vodovodních řádů v horní části povodí Bílé Nisy
- Obr. 4: Profily sledované podnikem Povodí Labe v roce 2006
- Obr. 5: Průtoky na měrných profilech
- Obr. 6: Mapa odběrových míst
- Obr. 7: Schéma spektrofotometru
- Obr. 8: Kalibrační křivka NH₄⁺
- Obr. 9: Kalibrační křivka NO₂⁻
- Obr. 10: Kalibrační křivka NO₃⁻
- Obr. 11: Kalibrační křivka PO₄³⁻
- Obr. 12: Vývoj látkového transportu N-NO₃ a průtoků
- Obr. 13: Vývoj látkového transportu P-PO₄ a průtoků